

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção

APLICAÇÃO DO CONTROLE
ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM
INDÚSTRIA DE BEBIDAS: UM ESTUDO
DE CASO

Gonçalo Maria de Vasconcelos Pessanha de Paula Soares

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção



04051956

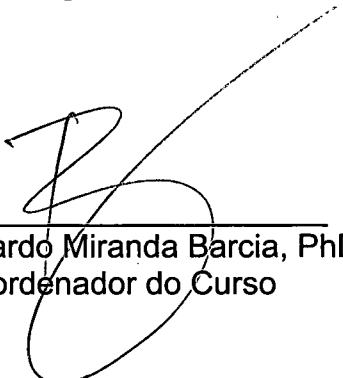
Florianópolis

2001

GONÇALO MARIA DE VASCONCELOS PESSANHA DE PAULA SOARES

APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM INDÚSTRIA DE BEBIDAS: UM ESTUDO DE CASO

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de "Mestre em Engenharia", Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.




Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Willy Arno Sommer, Dr.
Orientador



Prof. Gregório Varvakis, PhD



Prof. Marcelo Menezes Reis, Dr.

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Dorotéia, pelo amor,
pela dedicação, pelo estímulo e
por sua visão crítica na revisão
deste trabalho.

Aos meus filhos Gonçalo e Ana Luiza,
pelo seu apoio constante e
compreensão nos momentos da
minha ausência.

Aos meus pais José Maria e Maria
Clara que são a base de toda a
minha formação.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Willy Arno Sommer pela valiosa orientação recebida durante a realização deste trabalho, pelo estímulo constante, amizade e apoio em todos os momentos.

A todos os familiares e amigos que sempre estiveram lado a lado comigo nesse período de pós-graduação, sempre com palavras de apoio e incentivos para que eu prosseguisse.

A todos os funcionários da empresa pela sua amizade e valiosa colaboração durante a realização deste trabalho.

A todos os professores da Pós-Graduação em Engenharia de Produção que diretamente contribuíram para a minha formação.

Ao meu Pai pela sua importante colaboração na revisão ortográfica.

Aos meus amigos e colegas do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, especialmente Galileu Limonta Maia, Wagner Cordeiro Delivio e Edmar Bonfim de Oliveira pelos alegres e bons momentos de convivência.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iii
AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE SIGLAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 - Considerações Iniciais.....	1
1.2 - Importância do Trabalho.....	3
1.3 - Objetivos do Trabalho	4
1.5.1 - Objetivo Geral	4
1.5.2 - Objetivos específicos	5
1.4 - Limitações do Trabalho	5
1.5 - Estrutura do Trabalho.....	6
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
2.1 - Conceito de Qualidade	8
2.2 - Conceito de Controle de Processo	13
2.2.1 - Processo.....	13
2.2.2 - Variabilidade	15
2.2.3 - Controle de Processo.....	18
2.3 - Controle Estatístico de Processo.....	20
2.3.1 - Implantação	23
2.3.2 - Desvantagens.....	27
2.3.3 - Vantagens.....	29
2.4 - Características de Qualidade de um Produto.....	32
2.5 - Coletas de Dados	33
2.5.1 - Avaliação dos sistemas de medição	34
2.5.2 - Métodos de coleta de dados	35
2.5.3 - Formação de subgrupos racionais	37
2.6 - Gráficos de Controle.....	40
2.6.1 - Seleção e Interpretação dos gráficos de controle.....	43
2.6.2 - Variáveis.....	48
2.6.3 - Atributos.....	51
2.7 - Capabilidade do Processo.....	54
2.7.1 - Histogramas.....	55

2.7.2 - Avaliação gráfica da Capabilidade do Processo.....	57
2.7.3 - Índices de Capabilidade.....	58
3. PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO CEP	65
4. APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO	70
4.1 - Caracterização da Área de Estudo.....	70
4.2 - Seleção da Linha Piloto.....	71
4.3 - Formação da Equipe de Trabalho	77
4.4 - Escolha das Características de Qualidade do Produto	78
4.5 - Elaboração do Sistema de Coleta de Dados.....	84
4.6 - Coleta dos Dados	89
4.7 - Montagem dos Gráficos de Controle	90
4.8 - Análise dos Gráficos de Controle	93
4.9 - Cálculo dos Índices de Capabilidade.....	95
4.10 - Avaliação do Sistema CEP Implantado	95
4.11 - Sugestão de Novas Melhorias.....	96
4.12 - Informatização do Sistema de Gráficos e Cálculo de Índices	96
5. RESULTADOS	98
5.1 - Resultados da variável Volume	99
5.2 - Resultados da variável Torque	108
5.3 - Resultados do Atributo – Rompimento do Lacre	112
5.4 - Melhorias Inerentes à Implantação do CEP	116
6. CONCLUSÕES & SUGESTÕES.....	119
6.1 - Conclusões.....	119
6.2 - Sugestões para Trabalhos Futuros	123
6.3 - Recomendações para a Empresa	125
7. FONTES BIBLIOGRÁFICAS	127
7.1 - Referências Bibliográficas	127
7.2 - Bibliografia.....	130
8. ANEXOS	131
8.1 - Anexo 1 - Formulário de Coleta de Dados da Produção	131
8.2 - Anexo 2 - Formulário de Reclamação de Clientes Externos	132
8.3 - Anexo 3 - Planilha de Reclamação de Clientes Externos.....	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Diagrama de Ishikawa (uma das sete ferramentas da qualidade).....	14
Figura 2.2: Duas visões do custo da qualidade melhorada.....	30
Figura 2.3: Gráfico de controle.....	44
Figura 2.4: Processo fora de controle estatístico.....	44
Figura 2.5: Exemplo de periodicidade em Gráfico de controle.....	45
Figura 2.6: Exemplo de <i>tendência</i> em Gráfico de controle.....	45
Figura 2.7: Exemplo de <i>Deslocamento</i> em Gráfico de controle.....	46
Figura 2.8: Exemplo de Falta (a) e Excesso (b) de Variabilidade em Gráfico de Controle.....	47
Figura 2.9: Exemplos de Sequências anormais em Gráfico de Controle.....	47
Figura 2.10: Exemplo de um teste de Loyd Nelson (1984). Oito pontos sucessivos acima ou abaixo da linha central, fora da zona C.....	48
Figura 2.11: Fluxograma de construção e utilização de Gráficos de Controle por Variáveis.....	51
Figura 2.12: Comparação entre um histograma e uma curva de distribuição normal.....	59
Figura 2.13: Limites 3σ numa curva de distribuição normal.....	59
Figura 3.1: Fluxograma esquemático da metodologia proposta.....	66
Figura 4.1 Fluxograma macro do sistema operacional da empresa em estudo.....	70
Figura 4.2: Fluxograma antigo da linha de envase de embalagens descartáveis.....	73
Figura 4.3: A alça de feedback.....	74
Figura 4.4 Fluxograma proposto para a linha de envase (descartáveis).....	75
Figura 4.5: Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) para o envase de água mineral sem gás.....	76
Figura 4.6: Distribuição das máquinas e funcionários na Linha de Envase 2.....	77
Figura 4.7: Diagrama de Pareto paras as Reclamações de Clientes Externos.....	80
Figura 4.8: Diagrama de Pareto para as reclamações de Torque, Volume e Lacre.....	81
Figura 4.9: Diagrama de Pareto para as reclamações da Linha 2.....	81
Figura 4.10: Tela de abertura do programa de Coleta de Dados.....	85
Figura 4.10: Tela de abertura do programa de Coleta de Dados.....	85
Figura 4.11: Tela do formulário da Variável Volume.....	86
Figura 4.12: Tela do formulário da Variável Torque.....	87
Figura 4.12: Tela do formulário da Variável Torque.....	88
Figura 4.13: Tela de acesso ao Gráficos de Controle.....	91
Figura 4.14: Tela do Gráfico das Médias e Desvio-Padrão.....	91

Figura 4.15: Tela do Histograma e Índices de Capabilidade.....	92
Figura 4.16: Tela do formulário de Coleta de Dados da variável Volume.	93
Figura 4.15: Tela do Gráfico “p” para Atributos.	94
Figura 5.1: Gráfico das médias e do desvio-padrão da variável Volume - 30 primeiras amostras.....	99
Figura 5.2: Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) para a variação de volume da garrafa de 600 ml.....	101
Figura 5.3: Gráfico das médias e do desvio-padrão da variável Volume – amostras de 31 a 60.....	102
Figura 5.4: Gráfico das médias e do desvio-padrão da variável Volume – amostras de 31 a 60 (excluindo a amostra 55).	103
Figura 5.5: Gráfico das médias e do desvio-padrão da variável Volume – amostras de 56 a 91.....	104
Figura 5.6: Histograma de todos os itens das amostras (56 a 91) da variável Volume – Garrafa de 600 ml (PET).	106
Figura 5.7: Gráfico das médias e da Amplitude do Torque de Remoção do Cabeçote nº 5 – primeiras 30 amostras.	109
Figura 5.8: Gráfico das Médias e da Amplitude do Torque de Remoção do Cabeçote nº 5 – Amostras de 31 a 95.....	110
Figura 5.9: Gráfico da Proporção de Defeituosos p do atributo Rompimento de Lacre das primeiras 19 amostras coletadas para a garrafa de 510 ml.	113
Figura 5.10 : Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) para o excessivo Rompimento do Lacre	114
Figura 5.11: Gráfico da Proporção de Defeituosos p do atributo Rompimento de Lacre das amostras 20 a 53 coletadas para a garrafa de 510 ml.	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Roteiro para do Planejamento da Implantação do CEP	24
Quadro 2.2: Roteiro para a Metodologia Estatística de Avaliação para a Implantação do CEP	25
Quadro 2.2: Roteiro para a Metodologia Estatística de Avaliação para a Implantação do CEP (Continuação)	26
Quadro 2.3: Roteiro para do Planejamento da Implantação do CEP	27
Quadro 2.4: Fontes de variação que afetam um sistema de medição.	34
Quadro 2.5: Métodos de formação de Subgrupos Racionais.	39
Quadro 2.6: Tipos mais comuns de Gráficos de Controle por Variáveis	49
Quadro 2.7: Seleção dos Gráficos de Controle por Atributos.....	53
Quadro 2.8: Formas mais comuns de Histogramas	56
Quadro 2.9: Análise gráfica da capacidade de um processo	57
Quadro 2.10: Classificação de Processos a partir do Índice C_p	62
Quadro 2.11: Interpretação do Índice C_{pk}	64
Quadro 4.1: Classificação das funções dos funcionários da Linha de Envase 2	77
Quadro 4.2: Planilha de Controle de Qualidade.....	83
Quadro 5.1 Limites de Controle dos Gráficos \bar{X} e s definitivos para a variável Volume – Garrafa 600 ml (PET).	105
Quadro 5.2: Especificações e índices de capacidade para a variável Volume – Garrafa de 600 ml (PET).	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Probabilidades associadas à distribuição normal.....	60
Tabela 4.1: Análise da linha de envase (horas trabalhadas, volume e custo industrial).....	72
Tabela 4.2: Produtividade da linha de envase 2.....	72
Tabela 4.3 Reclamação de clientes externos.....	79
Tabela 5.1 Taxa de ocupação de cada produto durante o período de coleta.....	98
Tabela 5.2: Estratificação do atributo – Rompimento do Lacre.....	98
Tabela 5.3: Resultado dos testes de Rompimento de Lacre das primeiras 19 amostras.	112
Tabela 5.4 Comparativo das reclamações de clientes externos de Janeiro a Agosto dos anos 2.000 e 2.001.....	117

LISTA DE SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ASQC - American Society for Quality Control
- APPCC - Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
- BPF - Boas Práticas de Fabricação
- CEQ - Controle Estatístico da Qualidade
- CEP - Controle Estatístico de Processo
- CIP - Central Integrada de Profilaxia
- DIMEL- Diretoria de Metrologia Legal do Inmetro
- ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção
- FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
- ISO - Internacional Organization for Standardization
- QFD - Quality Function Deployment (Desdobramento da Função Qualidade)
- PDCA- Plan , Do , Check , Action
- PET - Polietileno Tereftalato
- POP - Procedimento Operacional Padrão
- PP - Polipropileno
- SDCA- Standard , Do , Check , Action

RESUMO

Soares, Gonçalo M. V. P. Paula. **Aplicação do Controle Estatístico de Processos em Indústria de Bebidas: um estudo de caso.** 2001. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Este trabalho mostra a implantação do Controle Estatístico de Processo (CEP) numa industria de bebidas, com o objetivo de avaliar o processo de envase de água mineral, possibilitando identificar oportunidades de melhoria da Qualidade. Baseado em estudo bibliográfico o trabalho apresenta, inicialmente, algumas técnicas e ferramentas de Controle Estatístico de Processo, de tal forma que se conheçam seus conceitos, suas características e sua operacionalidade. Em sequência é apresentada a metodologia de implantação do CEP, adaptada à realidade da empresa de forma a facilitar a sua implementação e manutenção. Para testar o modelo proposto foram selecionadas a linha piloto e as características de qualidade de maior importância no contexto produtivo e satisfação dos clientes. Como ferramenta de apoio a todo o sistema operacional do CEP e processo decisório foi desenvolvido um sistema computacional que opera desde a fase de coleta e armazenamento dos dados até à elaboração dos gráficos de controle. Os resultados obtidos mostraram duas das características da qualidade com o seu processo sob controle e uma terceira fora de controle, necessitando que seja realizado um acompanhamento com objetivo de diminuir a variabilidade. Finalmente são apresentadas sugestões para melhoria da capacidade dos processos, diminuição da variabilidade e facilitar a implantação do projeto nas demais linhas de envase.

Palavras-chave: Controle Estatístico de Processo, Indústria de Bebidas, Qualidade.

ABSTRACT

Soares, Gonçalo M. V. P. Paula. **Aplicação do Controle Estatístico de Processos em Indústria de Bebidas: um estudo de caso.** 2001. 147f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

The present work shows the implantation of the Statistical Process Control (SPC) in a beverage industry, with the objective of evaluating the bottling process of mineral water, enabling opportunities of improvement. Based on bibliographical study, the work initially presents some techniques and tools for the Statistical Process Control, in order to know its concepts, characteristics and operativeness. In sequence, the methodology of implantation of SPC is presented, adapted to the reality of the company to facilitate its implementation and maintenance. To test the proposed model, the pilot line and the most important characteristics of quality in the production context and customers' satisfaction were selected. A computer system was developed as support tool to the SPC and decision taking systems, which worked from the phase of data collecting and storage to the elaboration of control graphs. The obtained results showed two of the quality characteristics with their processes under control, and a third one out of control, needing an accompaniment to be accomplished with the purpose of decreasing the variability. At the end, suggestions are presented for improvement of the capacity of the processes, decrease of the variability and to facilitate the introduction of the project other bottling lines.

Keywords: Statistical Process Control, Beverage industry, Quality.

1. INTRODUÇÃO

1.1 – Considerações Iniciais

Deve-se reconhecer que nestes últimos dez anos houve um grande avanço na implantação de programas de Qualidade no parque industrial brasileiro e de serviços. Durante e após o governo Collor houve uma grande expansão no nível tecnológico com a abertura das importações, máquinas modernas vieram otimizar os processos, mas com elas ocorreram também dificuldades em operar os sistemas. Por outro lado, também se abriu o mercado brasileiro para a concorrência externa aonde essas mesmas tecnologias já vinham sendo aplicadas há mais tempo. Ficou para trás a época do lucro fácil, do pouco esforço com muito retorno, o tempo em que o mercado consumidor em franca expansão absorvia tudo o que se produzia, e os produtos *eram protegidos* da concorrência externa já que o mercado era fechado às importações. Hoje somente serão vencedoras as empresas que verdadeiramente lutarem por isso.

Em uma sociedade onde os consumidores estão cada vez mais exigindo qualidade nos produtos e nos serviços, há uma crescente preocupação nas empresas não só em manter, mas em incrementar seu desempenho no que diz respeito à qualidade e produtividade. Produzir com mais qualidade e menor custo são palavras de ordem para sobreviver e enfrentar a concorrência acirrada.

Também se deve reconhecer que o programa de certificação nas Normas ISO foi um dos trampolins para o despertar dos empresários para a Qualidade, mesmo que no início a procura por estas certificações tenha acontecido mais por uma exigência de um mercado externo extremamente competitivo, do que pela real necessidade sentida por aqueles em reestruturar as suas empresas. Assim no Brasil, o número de certificações com base nas normas ISO vêm aumentando numa escala exponencial, demonstrando a preocupação das empresas, de não só atender à exigência de alguns clientes como também buscar a implantação de programas de Qualidade. As normas ISO até o ano 2000 não faziam alusão propriamente ao Controle Estatístico de Processo (CEP), tinham apenas o item 4.20 dedicado às técnicas estatísticas necessárias para avaliar as características da Qualidade dos produtos / serviços e a capacidade dos processos. Hoje, pela nova norma ISO 9000:2000, as empresas certificadas têm até o ano 2003 para se ajustarem à nova norma, implantando o CEP em suas plantas industriais (Farias, 2001).

A aplicação da metodologia estatística a problemas relacionados à qualidade iniciou-se na década de vinte (Bell System), intensificou-se nas décadas de 40 e 50 onde passou a ser conhecida por controle estatístico da qualidade e atingiu a sua maior amplitude na década de 80 quando a filosofia do CEP começou se impor sobre a aceitação (inspeção) por amostragem que imperava até o momento.

Segundo Campos (1992) não se pode mais garantir a sobrevivência da empresa apenas exigindo que as pessoas façam o melhor que puderem ou cobrando apenas resultados, hoje são necessários métodos que possam ser utili-

zados por todos em direção aos objetivos de sobrevivência da empresa e estes devem ser apreendidos e praticados por todos.

1.2 - Importância do Trabalho

No século XIX, os esforços para eliminar as variações inerentes ao processo eram muitas vezes bem sucedidos devido à simplicidade de seus produtos manufaturados. Atualmente, com a maior complexidade dos sistemas de fabricação e montagem, grande atenção é despendida no controle da variação das características dos produtos em torno do valor nominal.

Com a intensificação do uso de recursos da tecnologia da informação, com maior disponibilidade de micro computadores e de aplicativos, “conseguiu-se humanizar” o conceito estatístico do controle de processo, crescendo a tendência do uso das técnicas do CEP pelos operadores da produção, transferindo-lhes a responsabilidade das atividades de controle da qualidade e de ajuste de processo. A informática torna a coleta de dados, análise e divulgação de informações sobre o controle do processo mais rápida e integrada do que nunca, também quando se torna mais premente aprender a pensar em termos estatísticos (Scholtes, 1998).

O CEP possibilita monitorar as características de interesse, assegurando sua manutenção dentro de limites preestabelecidos e indicando quando adotar ações de correção e melhoria. Permite ainda a redução sistemática da variabilidade nas características da qualidade do produto, num esforço de melhorar a qualidade intrínseca, a produtividade, a confiabilidade e o custo do que está sendo produzido.

O principal objetivo do CEP é possibilitar o controle em tempo real, feito pelo próprio operador, e desta forma aumentar o seu comprometimento com a qualidade do que está sendo produzido (Paese, 1998).

A empresa objeto do estudo de caso é uma empresa recém implantada, que não tinha qualquer tipo de controle de processo, apesar de ser uma empresa nova e com instalações modernas. Uma primeira análise realizada em três meses (Agosto, Setembro e Outubro de 2000), tomando como levantamento as entradas dos produtos acabados no estoque e vendas, chegou a um resultado absurdo de menos de 40% de produtividade, com as linhas trabalhando bem abaixo da capacidade nominal. Estão incluídos neste cálculo de produtividade as paradas para retrabalho, as perdas de processo incluindo a sucata e lotes destruídos após produção, manutenções sobretudo corretivas por uso inadequado dos equipamentos.

1.3 - Objetivos do Trabalho

Os objetivos desta Dissertação podem ser divididos em geral e específicos, conforme detalhado a seguir.

1.5.1 - Objetivo Geral

Desenvolver, implantar e avaliar o sistema de Controle Estatístico de Processo (CEP) numa linha de envase em indústria de bebidas.

1.5.2 - Objetivos específicos

- Selecionar a área de estudo e a equipe de trabalho;
- Elaborar o fluxograma do processo;
- Identificar as características da qualidade que foram mais freqüentes nas reclamações de clientes externos.
- Definir, através da Planilha de Controle da Qualidade, as tolerâncias, forma de amostragem, sensores e unidades de medição, das características selecionadas.
- Elaborar um sistema seguro de coleta de dados com ajuda do aplicativo Excel®;
- Selecionar os Gráficos de Controle que melhor se aplicam às variáveis e atributos em estudo;
- Analisar os gráficos de controle e identificar os fatores das causas especiais;
- Avaliar a Capabilidade a partir da Estabilidade do Processo.
- Sugerir mudanças que venham a eliminar/melhorar os pontos negativos do sistema produtivo.
- Criar, com ajuda do aplicativo Excel®, um programa de informática que administre todo o sistema implantado.

1.4 Limitações do Trabalho

Por ser uma empresa recém implantada, não existe memória. São poucas as informações do processo produtivo, os funcionários eram em sua grande

maioria originados da área rural, sem nenhuma experiência em indústria. Os dados coletados do período anterior a este trabalho foram sempre em nível contábil, tais como perdas, volume de vendas, total de horas trabalhadas, etc, e nem sempre coadunados com a produção.

A dificuldade de achar um programa de informática específico de aplicação no Controle Estatístico de Produção, acessível ao orçamento de investimentos da empresa, levou o autor a desenvolver um programa de informática, identificado com as necessidades da empresa e de forma a agilizar e facilitar a implantação do CEP. A elaboração do programa com ajuda do aplicativo Excel® retardou o início da implantação em pelo menos dois meses.

1.1 Estrutura do Trabalho

O trabalho proposto está estruturado em 5 capítulos, cujos conteúdos resumidos encontram-se a seguir:

- Capítulo 1 – Descreve o problema geral do trabalho, a importância, os objetivos e as limitações do mesmo. Este capítulo descreve ainda a estrutura geral do trabalho a ser desenvolvido.
- Capítulo 2 – Dedicar-se à apresentação dos conceitos do sistema de Controle Estatístico de Processo, desde a sua aplicação em indústrias, vantagens e desvantagens. São também descritas, as técnicas estatísticas mais utilizadas na implantação do sistema.
- Capítulo 3 – Descreve de forma detalhada a metodologia proposta para implantação do CEP. Com a ajuda de um fluxograma são apresentadas todas as etapas do modelo proposto.

- Capítulo 4 – Apresenta detalhadamente a aplicação prática do modelo proposto, desde a caracterização do Local de estudo até à informatização do sistema, com ênfase para o sistema de Coleta de Dados, seleção da Linha de Envase e das características de Qualidade dos produtos que foram objeto de estudo do presente trabalho.
- Capítulo 5 – Apresenta os gráficos de controle e os índices de capacidade obtidos com a coleta de dados, sendo feita avaliação dos mesmos. Através desta avaliação são mostrados os benefícios obtidos através da identificação e solução dos pontos negativos e falhas do processo.
- Capítulo 6 – Traz as conclusões sobre o trabalho realizado. São feitas generalizações a partir dos resultados obtidos e sugestões para utilização ou melhoria do processo. Também apresenta algumas recomendações para futuras pesquisas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - Conceito de Qualidade

O movimento da qualidade teve origem na década de 20, quando Walter Shewhart desenvolveu o primeiro gráfico de controle de processo, enquanto trabalhava como estatístico na Bell Labs. Durante a II Guerra Mundial, aumentou-se a necessidade da utilização da estatística para monitorar a qualidade da produção devido, em parte, às grandes quantidades de material bélico produzidas e à falta ou deficiência de mão-de-obra dentro do país. Após a guerra foi dada mais ênfase ao volume de produção, ficando a qualidade para um segundo plano. Apenas no Japão, com a forte contribuição de Deming e Juran, o foco continuou na qualidade e o seu resultado pode ser observado na prática.

Na década de 70 as mercadorias japonesas foram consideradas entre as melhores do mundo (Davis, 2001 p. 148). Dobrando-se à evidência da qualidade dos produtos japoneses, os Estados Unidos iniciaram na década de 80 uma nova fase produtiva com uma mudança de foco, por parte das companhias, para a qualidade. Mais uma vez as figuras de Deming e Juran foram peças-chaves nesta mudança, e os seus métodos hoje são difundidos em todo o mundo com uma legião de seguidores que os divulgam, aplicam e adequam à realidade pertinente a cada empresa e processo.

O termo Qualidade é extremamente vasto e abrangente, haja vista a definição de Juran (1993, p. 16) "*Qualidade é adequação ao uso*". Segundo Paladini (1997, p. 16) esta definição, tendo como alvo o consumidor, pode ser conside-

rada como o conceito técnico da qualidade, segundo o qual todos os elementos que tiverem alguma participação, direta ou indireta, na produção do bem ou do serviço, serão responsáveis por o produto atender às necessidades do cliente e até se possível superar expectativas do mesmo que nem sequer haviam sido formuladas.

Campos (1992, p. 12) e Werkema (1995, p. 13) tornaram mais prático o conceito de Juran ao definir Qualidade como sendo todas aquelas dimensões que afetam a satisfação das necessidades das pessoas e por conseguinte a sobrevivência da empresa. Dimensões estas que foram traduzidas da seguinte forma:

- **QUALIDADE INTRÍNSECA** – é a capacidade de um produto, através das suas características específicas, promover a satisfação do cliente interno (etapas intermediárias) ou externo (etapa final), englobando entre outros aspectos a qualidade do produto em si (ausência de defeitos e evidência de características que satisfaçam o cliente), qualidade das pessoas, qualidade do sistema e a qualidade da informação. Produtos defeituosos não serão apenas inconvenientes para os consumidores, mas também diminuirão as vendas.
- **CUSTO** – É o resultado apurado de todas atividades ligadas à fabricação do produto, desde do custo final até os custos intermediários tais como compras, vendas, recrutamento, treinamento, etc. Cabe aqui tentar racionalizar os custos sem prejuízo da qualidade intrínseca do produto, ou seja, produzir cada vez mais e melhor com menor custo. Deming (1990, p. 125) defende muito bem este binômio qualidade x preço ao afirmar que “Qualidade é

atender continuamente às necessidades dos clientes a um preço que eles estejam dispostos a pagar”, ou como diz Ishikawa “*Qualidade justa a preço justo*”.

- **ENTREGA** – no prazo certo, no local certo e na quantidade certa. Uma empresa precisa fabricar produtos na quantidade exigida pelos consumidores e precisa fornecê-los aos consumidores, se possível, antes da data especificada para a entrega.
- **MORAL** – é importante que todos os funcionários se sintam satisfeitos no seu trabalho. O bom ambiente de trabalho e a satisfação na atividade, é um componente importante na qualidade final do produto. Ishikawa (1993, p. 101) é até mais duro ao afirmar que se as pessoas não se sentem felizes e não há nada que se possa fazer para que elas fiquem felizes, a empresa não merece existir.
- **SEGURANÇA** – esta dimensão se refere não só à segurança dos trabalhadores envolvidos na produção, como também do próprio consumidor. Um exemplo da segurança do consumidor quanto a brinquedos para crianças seria: não podem ser nocivos à saúde dos mesmos nem devem provocar acidentes (ex. pontas ou arestas cortantes).

Ainda dentro de um melhor entendimento do conceito de Qualidade , levando em conta o ambiente onde a mesma é produzida, vale observar a estruturação da Qualidade feita por Paladini (1997, p. 18) que a conceitua segundo três estruturas: qualidade in-line, qualidade on-line e qualidade off-line.

- **QUALIDADE IN-LINE** – é a qualidade obtida em nível de processo produtivo, podendo ser caracterizada como um conjunto bem definido de elemen-

tos básicos voltados para o processo de fabricação. Este modelo prioriza, fundamentalmente, os esforços para a correção e a prevenção de defeitos, mas também engloba os de redução de custos, de desperdício, de retrabalho, ou seja, ele busca também a otimização do processo. Este modelo abrange o conceito de Crosby (1999, p.31) que afirma que Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações.

- **QUALIDADE OFF-LINE** – é a qualidade gerada pelas áreas não diretamente ligadas ao processo de fabricação, mas relevantes para adequar o produto ao uso que dele se espera desenvolver. É o caso dos departamentos de Compras, Vendas ou Marketing. Paladini (1997, p. 19) ressalta neste modelo o conceito de Feigebaum desenvolvido nos anos 60 que observa que a obtenção da qualidade não pode eliminar nenhum elemento da empresa.
- **QUALIDADE ON-LINE** – é definida como sendo o esforço feito pela empresa para ter sempre um produto adequado ao consumidor. A empresa precisa captar, o mais rapidamente, possíveis alterações em preferências, hábitos ou comportamentos de consumo, e repassá-las ao processo produtivo, de forma a adaptar, no menor espaço de tempo, o processo à nova realidade de mercado. Este modelo acompanha o produto desde o seu nascimento na forma de Qualidade de Projeto e durante todo o seu ciclo de vida ajustando permanentemente as suas características às exigências do mercado.

Dentro do foco deste trabalho, implantação do CEP, a Qualidade Intrínseca será a dimensão mais explorada e o ambiente será o da Qualidade In-Line,

onde as características do produto estarão sendo controladas, analisadas e melhoradas, sempre priorizando os consumidores.

Durante os próximos itens e capítulos deste trabalho, serão mencionadas e utilizadas várias ferramentas da estatística, estas fazem parte do grupo de 7 Instrumentos do CEP, idealizados por Deming, e por isso comumente denominadas dos sete gráficos úteis de Deming (Sommer, 2000, p.8). São eles:

- *Diagrama de Dispersão*: representação gráfica da relação entre duas variáveis.
- *Gráfico Corrido (Diagrama de Linha)*: representação gráfica de um série temporal para identificar tendências.
- *Histogramas*: diagrama de colunas que mostram com que frequência os dados caem dentro de intervalos de valores especificados.
- *Fluxograma*: representação gráfica (símbolos) de um processo e suas fases / etapas de funcionamento.
- *Diagrama de Pareto*: representação gráfica de uma série de dados, indicando quais são os mais críticos e importantes, seguindo o princípio dos "poucos vitais e os muitos triviais".
- *Diagrama de Causa-Efeito (Ishikawa)*: Este diagrama que também é denominado com o nome do seu autor caracteriza claramente o processo mostrando quais são os fatores de causa de um processo, ajudando a identificar qual é a causa fundamental que o está afetando.

Apesar de não ser o criador dos mesmos, Deming foi o grande divulgador da sua importância e incentivador do seu uso em programas da Qualidade.

2.2 - Conceito de Controle de Processo

2.2.1 – Processo

É importante, antes de se começar a definir “Controle de Processo”, que se defina o que é *processo*. Para melhor compreender o que é *processo* seguem-se algumas definições de diversos autores.

Davis (2001 p. 61) define um *processo* como qualquer passo ou conjunto de passos que estão envolvidos na conversão ou na transformação de insumos em resultados.

Para Harrington (1993, p. 10) *processo* é qualquer atividade que recebe uma entrada (input), agrega-lhe valor e gera uma saída (output) para um cliente interno ou externo, fazendo uso dos recursos da organização para gerar resultados concretos.

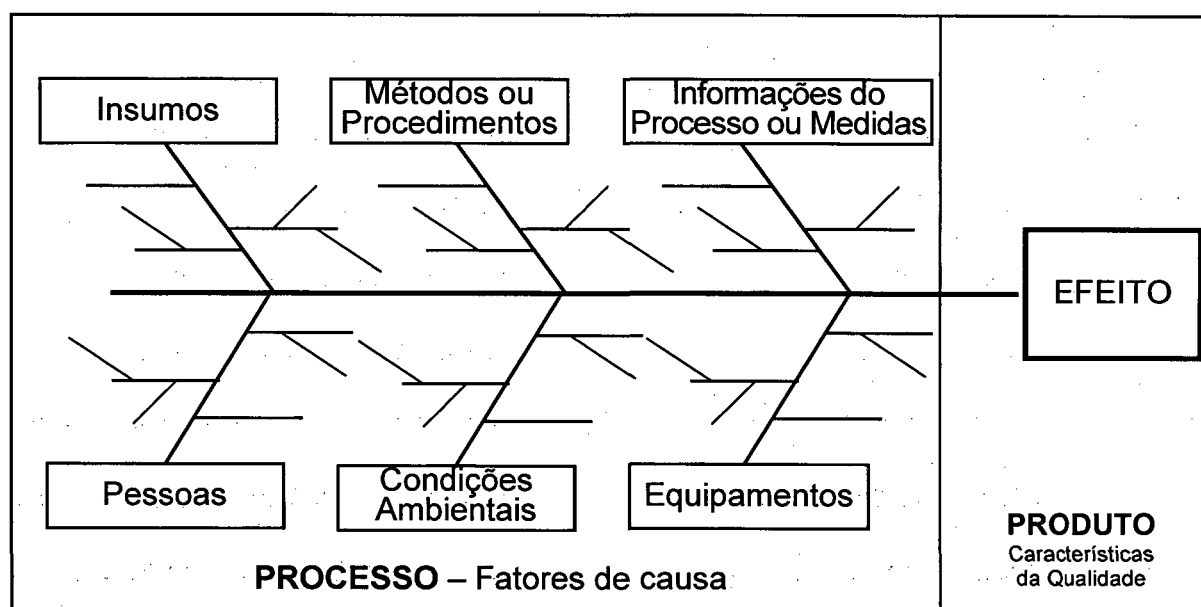
“Processo é uma série sistemática de ações direcionadas para a consecução de uma meta” (Juran, 1995, p.197). O autor ao conceituar desta forma processo, aplicava-o em todas as relações fabris ou não, incluindo a mão-obra e as instalações.

Processo é um conjunto de causas que provoca um ou mais efeitos (Campos, 1992 p. 17). Ishikawa (1993, p.64) vai mais longe quando afirma que enquanto houver causas e efeitos, ou fatores de causa e características, todos podem ser processos. Já Hradesky (1989, p. 32) é mais específico ao afirmar que processo é qualquer combinação de material, máquinas, ferramentas,

métodos e pessoas que criam por meio de especificações produtos ou serviços desejados.

Parece ser unanimidade que processo é um conjunto de causas (input) que tem como objetivo produzir um determinado efeito, o qual é denominado de produto de processo. A figura 2.1 apresenta graficamente o conceito de Ishikawa. Este diagrama que recebeu o nome do seu autor caracteriza claramente o processo mostrando quais são os fatores de causa de um processo a que ele se referia e sobre os quais Hradesky conceituou processo.

Figura 2.1: Diagrama de Ishikawa (uma das sete ferramentas da qualidade).



FONTE: Adaptado de ISHIKAWA (1993, p.64).

Também chamado de Diagrama de Causa e Efeito, este é uma importante ferramenta do CEP, muito usada como guia para a identificação da causa fundamental dos problemas de um processo e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas.

Os gerentes, hoje, reconhecem que os processos existem em toda a parte em suas organizações. É importante saber que processo não se refere apenas ao processo de fabricação. Segundo Harrington (1993, p. 10) existem dois tipos de processo, o empresarial e o produtivo. O primeiro identifica todos os processos que não só geram serviço como também os que dão apoio aos processos produtivos. Um processo empresarial consiste num grupo de tarefas interligadas logicamente, que fazem uso de recursos da organização, para gerar resultados definidos, em apoio aos objetivos da organização (Harrington, 1993 p. 11). Já o segundo é o que melhor se identifica nas indústrias, porque envolve a manufatura, ou seja, o que entra em contato físico com o produto ou serviço que será fornecido a um cliente externo.

Neste trabalho será dada somente ênfase ao *processo produtivo*, mas é importante ressaltar que numa empresa os *processos empresariais* são tão importantes quanto os de produção, inclusive Harrington (1993, p. 22) em seu trabalho sobre aperfeiçoamento de processos empresariais, afirma que a probabilidade de se perder um cliente devido a um processo empresarial deficiente é cinco vezes maior do que em função de um produto defeituoso. De nada adianta termos um produto de qualidade excepcional se não soubermos atender o cliente, por exemplo, na hora de vendê-lo ou entregá-lo.

2.2.2 – Variabilidade

Para melhor compreender Controle de Processo e entender a sua necessidade, é preciso que se fale da *Variabilidade* e como esta liga-se diretamente à qualidade do processo. É fato certo e garantido que uma das características de

um processo é de que nunca se produzirão duas peças absolutamente iguais. As variações poderão ser pequenas, mas elas sempre existirão, independentemente do tamanho e forma das peças, inclusive com a evolução tecnológica estas variações muitas vezes são muito pequenas, exigindo métodos e equipamentos apropriados para medição e controle.

As modernas técnicas de produção requerem que a produção de um artigo seja dividida em várias etapas. Dessa forma, a produção de cada parte componente se torna um processo independente. Hoje é comum a terceirização de algumas etapas dos processos, deixando para a empresa a montagem final ou as etapas mais técnicas, dessa forma, é essencial que as peças sejam fabricadas (dentro da própria indústria ou de terceiros) de maneira tal que se casem com o seu par, escolhido de forma aleatória. Isto só será possível se as partes componentes estiverem dentro de limites prescritos, que são tais que permitem a montagem com tolerâncias prefixadas.

Como afirmou Paranthaman (1990, p. 69) é perceptível que variação estará sempre presente e parece ser qualidade intrínseca da Natureza, sendo que os processos de fabricação não constituem exceção. Kume (1993, p. 4) chega a afirmar que quando se considera o processo de fabricação sob o ponto de vista da variação de qualidade, pode-se entender o processo como um agregado das causas de variação. O mesmo autor afirma que a explicação das mudanças nas características da qualidade dos produtos, originando produtos defeituosos ou não-defeituosos, está exatamente na variabilidade.

A fim de facilitar o estudo analítico das causas das variações Paranthaman (1990, p. 56) e Feigenbaum (1967, p. 233) classificaram-nas em três tipos de acordo com o período de ocorrência.

- Variação dentro da própria peça – Ex. haste cilíndrica com variação de diâmetro de uma ponta para outra.
- Variação entre peças produzidas no mesmo período - Ex. diferença de peso entre duas garrafas extrusadas, em ciclos diferentes, em máquina automática durante o período de 1 minuto.
- Variação entre as peças produzidas em períodos de tempos diferentes. Ex. a mesma variação de peso mas para garrafas produzidas no início e final do turno.

As causas das variações dentro de um processo podem ser classificadas em *Acidentais* ou *Incontroláveis* ou *Assinaláveis* ou *Especiais*, e em *Atribuíveis* ou *Aleatórias* ou *Comuns*. O primeiro tipo de causa como o nome já mesmo diz, são causas inevitáveis que podem ou não ser conhecidas, mas sobre as quais não se pode ter controle tais como fatores ambientais, satisfação das pessoas. Já as do segundo tipo, podem ser descobertas e corrigidas, permitindo o seu controle: é o caso de temperaturas, velocidades, etc.

A contribuição de Deming neste campo foi muito importante, ele sempre destacava a importância de se saber distinguir as causas comuns das causas especiais. Segundo este autor é um erro comum atribuir uma variação ou um erro a uma causa especial, quando, de fato, a causa pertence ao sistema (causas comuns), e vice-versa, tratar um resultado desejado como se ele

adviesse de causas comuns, quando na realidade ele advinha de um a causa especial.

É de Deming a afirmação de que 94% dos problemas e possibilidades de melhora são baseados em causas comuns, e apenas 6% são baseados em causas especiais (1990, p. 225).

É certo que cada processo tem as suas próprias particularidades, levando a variar a classificação das causas, mas relacionamos a seguir, a título de ajuda, algumas das causas do tipo *Comuns* mais freqüentes no setor industrial, responsáveis pela variabilidade do processo: a) Desgaste da ferramenta, b) Mancais desajustados, c) Vibrações das máquinas, d) Fixações malfeitas, e) Matéria prima de má qualidade, f) Falta de cuidado ou de treino dos operadores, g) Mudanças climáticas, h) Máquinas em boas condições porém inadequadas ao processo, i) Gerenciamento inadequado e j) Erros em medições. Observa-se que existe uma correlação entre as causas mais freqüentes e os conjuntos ou fatores de causas identificados no diagrama de Ishikawa (Fig. 2.1).

Embora a variabilidade não possa ser eliminada, ela pode ser conhecida e controlada, quando somente causas *Comuns* (Controláveis ou Atribuíveis) afetam o processo, ele é dito controlável e previsível. Nos próximos itens será mostrado como ocorre este processo.

2.2.3 – Controle de Processo

Viu-se anteriormente que um processo tem basicamente 6 grupos de fatores de causa (figura 2.1) e que a variabilidade é presença em todos estes fatores e,

assim, pode-se afirmar que o seu número é infinito. Ishikawa ao criar o seu diagrama procurou separar realmente os fatores mais importantes nos dando uma idéia da enorme teia de aranha que se desenha com as inúmeras probabilidades de variação.

Definido o processo fica mais fácil compreender a necessidade de se controlá-lo.

A velha máxima comercial “você não pode gerir o que não pode medir” foi uma inspiração para medir tanto a satisfação do cliente quanto a qualidade do serviço (Davis, 2001, p. 61). Na visão do autor (2001, p.61-86) a utilização integral das técnicas de gestão de processos depende da motivação e das competências de sua gerência de linha de frente. Seus gerentes devem ter habilidades de análise, de comunicação e de tomada de decisão. Seu sucesso depende também de que o treinamento esteja disponível para assegurar que estes gerentes obtenham essas habilidades necessárias. Alguns vêm a automação como sendo um passo evolutivo na tecnologia no qual o maquinário realiza parte ou toda a função de controle do processo.

Ainda de acordo com o mesmo autor (2001, p. 86) os ciclos de vida de produtos e tempos de entrega irão continuar a decair e a demanda do cliente por produtos mais adaptados a ele continuará a crescer. Esses dois fatores irão apenas aumentar a pressão nas organizações para que mantenham tecnologias de ponta em seus processos. Para ter êxito no mercado, os processos de uma companhia devem ser compatíveis com as exigências do consumidor, no nicho de mercado específico que ela está tentando servir.

Paranthaman (1990, p. 11) define controle de processos como sendo um conjunto de procedimentos adotados para avaliar, manter e melhorar padrões de qualidade nos diversos estágios de fabricação, levando em conta o binômio custo-benefício.

O objetivo dos planos de controle de processo é informar, enquanto os itens estão sendo produzidos, se os mesmos atendem às especificações de projeto, e detectar variações no processo que sinalizem que os próximos produtos a serem produzidos podem não atender aos requisitos do cliente (Davis, 2001, p. 154).

É importante desmistificar a falsa impressão de que controle de processo virá sufocar a criatividade e impedirá o melhoramento em tecnologia, de que mudanças não serão bem vindas. O controle de processo desde que inserido num programa de melhoramento contínuo é uma verdadeira e útil ferramenta de trabalho, ele faz parte da fase *check* do modelo muito divulgado PDCA (Plan-Do-Check-Action).

2.3 - Controle Estatístico de Processo

Pode-se dizer que o controle estatístico de processo (CEP) nasceu com o trabalho pioneiro de Walter A. Shewhart na década de 1920, no estudo da aleatoriedade dos processos industriais. Ele desenvolveu um sistema que permitiu determinar se a variabilidade de um processo era realmente aleatória ou devia-se a causas especiais. Segundo Davis (2001, p.155) Shewhart desenvolveu os fundamentos do controle estatístico atual.

Foi durante a II Guerra Mundial que o Controle Estatístico da Qualidade (CEQ), teve o seu "pulo do gato". Através de seus métodos o CEQ permitia

testar e/ou inspecionar uma amostra, em vez da população inteira de itens. Não só era mais rápido como mais econômico, exemplo disso as munições, cujos os testes são sempre destrutivos e seria impossível testar 100% dos lotes. A segunda Guerra Mundial foi o grande catalisador para a aplicação do controle da qualidade em um maior número de indústrias americanas (Werkema, 1995, p.10)

Dentro do CEQ existem dois métodos, a Aceitação por Amostragem (também conhecida por Inspeção do produto acabado) que avalia os produtos depois que os mesmos foram produzidos e o Controle Estatístico de Processo (CEP) que focaliza o processo enquanto o produto é feito.

Segundo Paranthaman (1990, p. 55) controle estatístico da qualidade é coleta, análise e interpretação de dados com a finalidade de resolver um problema em particular. No caso de um processo o objetivo é o de monitorar este processo através de dados coletados durante a atividade, de forma a controlar e restringir a variação aos limites prescritos.

Se um administrador não utiliza dados e métodos estatísticos, e se baseia apenas em sua própria experiência, sexto sentido e pressentimentos internos, ele está admitindo que a sua empresa não possui alta tecnologia. Neste sentido Batista (1996, p.1) afirma que:

“.....o uso de técnicas estatísticas nos garante exatidão e é a renúncia aos palpites em favor da precisão, do conhecimento comprovado daquilo que precisamos, substituindo intuição por evidência”.

Juran (1995, p. 203) ao explicar as diferenças entre algumas indústrias Americanas e Japonesas e nomeadamente entre aquelas que usavam méto-

dos estatísticos de controle e as que não usavam, mostrou ser fácil com base nos exemplos que, as empresas que adotaram estes métodos obtiveram resultados sensivelmente superiores aos das que não os adotaram.

É preciso salientar que o CEP é um sistema de decisão e não um substituto da experiência, ou seja, os métodos estatísticos ajudam a detectar e isolar o desarranjo de um processo e indicam as causas. A gerência e as habilidades técnicas da equipe, pelo conhecimento dessas causas, indicam e aplicam o remédio.

Ao utilizar as ferramentas estatísticas no controle de processos, depara-se com expressões do tipo "*Processo sob controle estatístico*" e "*Processo fora de controle estatístico*", que resultam da interpretação obtida com os dados coletados quanto à sua variabilidade, assim;

- **Processo sob Controle Estatístico** – é o processo onde se tem presente apenas a variabilidade natural do processo, ou seja, aquela que é inerente ao processo e é resultante, apenas, da ação das chamadas causas comuns (ver item 2.2.2 – Variabilidade). Neste caso a variabilidade se mantém numa faixa estável, denominada de faixa característica do processo (Werkema, 1995, p.198).
- **Processo fora de Controle Estatístico** – é o processo que está sob a influência de causas especiais de variação (ver item 2.2.2 – Variabilidade). Causas estas, que ocorrem de forma imprevisível, criando instabilidade no processo já que ele passa a se comportar de forma diferente do padrão. A variabilidade neste panorama é bem maior que a do item anterior, fazendo-se necessário descobrir os fatores que originam essa variação.

Este assunto será debatido com mais profundidade, quando forem discutidos os gráficos de controle, suas aplicações e interpretações (item 2.6).

Segundo Ishikawa (1993, p. 204) 95% de todos os problemas dentro de uma empresa podem ser resolvidos por meio destas ferramentas.

2.3.1 – Implantação

Um dos grandes problemas na implantação de um sistema é querer “copiar” modelos, metodologias ou estratégias que foram sucesso em outra empresa ou outro país. Devido às diferenças culturais entre organizações, um guia de implantação do CEP precisa ser flexível para que se possa adaptar à cultura e peculiaridades de cada organização, setor ou até mesmo se necessário processo.

Uma implantação estruturada é pré-requisito para o sucesso do CEP dentro de uma empresa. Ele faz parte da atividade normalmente denominada de Manutenção do Nível de Qualidade, e que é considerada uma das fases mais difíceis. Segundo Dellaretti (1994, p. 4) falta a muitas empresas a preocupação com a manutenção do nível da qualidade, ocasionando comentários do tipo “esta loja já foi melhor, este produto não tem a mesma qualidade de antes, etc”. Assim é importante que se siga uma diretriz de implantação e nesse sentido a proposta de Schissatti (1998) é bastante abrangente e flexível.

Serão apresentados aqui, de forma condensada, todos os passos que devem ser observados durante a implantação do CEP e depois na sua manutenção, seguindo a mesma proposta de Schissatti de dividir o modelo em 3 etapas: Planejamento da implantação (Quadro 2.1), Metodologia estatística de avaliação para a implantação (Quadro 2.2) e Gerenciamento de processos: estabelecimento da rotina (Quadro 2.3).

Quadro 2.1: Roteiro para do Planejamento da Implantação do CEP

PLANEJAMENTO DA IMPLANTAÇÃO	
Planejamento Da Mudança Organizacional	Definição dos objetivos do CEP: análise crítica da real necessidade da implantação do CEP
	Definição do Sistema Integrado de Gerenciamento da Qualidade: Procurar estruturar o CEP dentro dos demais sistemas de Gestão seguindo a Trilogia de Juran (Planejamento, Controle e Melhoramento da Qualidade)
	Seleção dos Processos: Escolher processos que possam ser controlados (causas comuns), com facilidades para o aprendizado e seleção de funcionários e que permita mudanças.
	Processos em desenvolvimento: utilização de ferramentas do tipo QFD e FMEA para determinar os característicos mais importantes
	Processos implantados: utilização da análise de Pareto e a ferramentas do tipo FMEA para determinar os característicos mais importantes
	Definição de responsabilidades: p/ o CEP operacional (responsável pela eliminação das causas especiais) e p/ o CEP gerencial (responsável pela eliminação das causas comuns) – pode ser a mesma pessoa.
	Estruturas de Administração de Transição
	Comitês: específicos e dedicados ao CEP, responsáveis pela avaliação do andamento do projeto.
	Liderança: a Administração (diretores, gerentes ou chefes) devem liderar as mudanças organizacionais e culturais.
	Participação: atuação firme dos administradores nas atividades específicas sob sua responsabilidade (ex. comitês)
Seleção dos Característicos de Qualidade	Ambiente: Estimular, apoiar e permitir que todos os envolvidos no projeto assumam as suas responsabilidades.
	Direção top-down: executar o treinamento seguindo a hierarquia de cima para baixo, ressaltando os aspectos positivos e importantes do CEP
	Ligação com o programa de implantação: focar o treinamento naqueles que realmente estão envolvidos
	On the Job Training: treinamento no posto de trabalho aplicando a técnica da teoria seguida da prática.
	Avaliação: em todos os níveis hierárquicos (inclusive alta administração) se possível com testes teóricos e práticos.
	Expectativas: devem ser evitadas
	Abordagem crítica: linguagem quantitativa (mostrar as dificuldades / vantagens obtidas), evitar a exagerada e vazia.
Comunicação (seminários e jornais internos, eventos externos)	Ênfase nos resultados: comunicações centralizadas nos resultados obtidos, sobretudo mostrando as reduções de variabilidade que estão sendo obtidas com o CEP.

Quadro 2.2: Roteiro para a Metodologia Estatística de Avaliação para a Implantação do CEP

METODOLOGIA ESTATÍSTICA DE AVALIAÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO				
Elaboração do Mapa de Processo: montagem do diagrama de Ishikawa, identificando as variáveis do processo dentro de cada fator de manufatura (fig. 2.2)				
Padronização das Tarefas Operacionais	Identificação das tarefas operacionais: Descrição de cada operação identificada no mapa de processo			
	Identificação das tarefas críticas: Identificar as que se ocorrer um pequeno erro afetará fortemente o característico da qualidade.			
	Confecção dos Procedimentos Operacionais Padrão (POP): descrição das tarefas de forma simples, prática, fruto de consenso dos envolvidos e fácil de ser compreendido e obedecido pelo usuário.			
	Treinamento da mão-de-obra: deve ser feita com base nos procedimentos (POP). Especial atenção para funcionários novos.			
Análise Qualitativa dos Dados e Organização da Amostras	Revisão contínua do POP: sobretudo a revisão das tarefas críticas dos POPs. Importante quando da aplicação do PDCA.			
	Avaliação dos sistemas de medição	Avaliação da capacidade de sistemas de medição: incerteza ou acurácia do sistema.		
		Calibração: garantia de equipamentos calibrados.		
		Resolução: ajuste do sistema deve ser maior que a menor variação da grandeza a medir		
		Tempo de resposta: Sistema deve fornecer dados dentro de tempos adequados para a tomada de decisão.		
	Métodos de coletas de dados: dados falsos e errados levam a conclusões também erradas sobre processos, atitudes que levem a estes tipo de dados devem ser eliminadas.			
	Formação de subgrupos racionais	Retirar dados relativos às peças produzidas sequencialmente: mais prático, mas pode dificultar a detecção de causas especiais se as variações ocorrerem entre amostras coletadas.		
		Retirar dados relativos às peças produzidas desde que a última amostra for retirada: Maior representatividade do processo, mas também pode levar a uma dispersão grande => problema de interpretação dos limites de controle.		
	Seleção do recurso estatístico		Característico por variável : Cartas de controle do tipo X-AM , X-R e X-s	
			Característico por Atributo: cartas de controle do tipo p ou np , c e u	
Avaliação da estabilidade do processo	Elaboração do plano de amostragem: hierarquização de todas as variáveis ou fontes de variação identificadas.			
	Período de coleta de dados: Tempo suficiente para tornar o processo estável sob o ponto de vista estatístico e para que as fontes de variação do processo se manifestem. Normalmente > ou = a 25 amostras			
	Análise das cartas de controle	Pontos fora dos limites de controle: falta de controle do processo => descobrir causas especiais		
		Periodicidade: mudanças repetidas de tendência para cima ou para baixo a intervalos de tempo com ± a mesma amplitude.		
		Seqüência: mudança no nível de processo, vários pontos consecutivos do gráfico aparecem apenas num dos lados da linha média.		
		Tendência: movimento contínuo dos pontos do gráfico de controle em uma direção.		
	Aproximação dos limites de controle: maioria dos muitos pontos grafados tendem a cair na faixa de 2 a 3 σ ou -2 a -3 σ, podendo até alguns sair ligeiramente fora dos limites.			
	Aproximação da linha média: maioria dos pontos grafados está distribuída muito próximo da linha média de 1,5 σ a - 1,5 σ			
Avaliação da auto-correlação: dados auto-correlacionados (sinais de causas especiais que são na realidade naturais no processo) falsos alarmes interromper implantação do modelo atual do CEP e voltar ao planejamento inicial.				

Quadro 2.2: Roteiro para a Metodologia Estatística de Avaliação para a Implantação do CEP (Continuação)

METODOLOGIA ESTATÍSTICA DE AVALIAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO	Avaliação da capacidade de processos	Procedimento geral para avaliação da capacidade: verificação da estabilidade do processo e normalidade dos dados.		
		Avaliação da capacidade da máquina: período de coleta curto, medições consecutivas e isolamento de todas as fontes de causas de variação que não sejam da máquina (ex. operadores, matéria-prima, etc.) Diagrama de Causa e Efeito.		
		Avaliação da capacidade do processo: período de coleta mais longo (> 25 amostras) e devem ser levadas em consideração todas as fontes de variação relativas às causas comuns.		
		Índices de capacidade	Índice de Capacidade Potencial do Processo: $C_p = (LSE-LIE) / 6 \sigma$	
	Índice de Desempenho do Processo: $C_{PK} = \min.\{C_{PL},C_{PU}\} \rightarrow C_{PL} = (X - LIE) / 3 \sigma$ e $C_{PU} = (LSE - X) / 3 \sigma$			
	Valores mais comuns de referência: <ul style="list-style-type: none">• $C_{PK} < 0,00 \Rightarrow$ Processo totalmente fora de controle e incapaz• $0,00 > C_{PK} < 1,00 \Rightarrow$ Processo fora de controle e podemos ter produção defeituosa• $1,00 \leq C_{PK} < 1,33 \Rightarrow$ Processo dentro de controle, centralizado ou não – relativamente capaz• $C_{PK} \geq 1,33 \Rightarrow$ Processo dentro de controle e totalmente capaz			
	Seleção do recurso estatístico para o controle do processo	Cartas por variáveis	Média e Amplitude (\bar{x} e R): facilidade na elaboração, mas menor segurança na análise de variabilidade do processo.	
			Média e Desvio-padrão (\bar{x} e s): maior dificuldade na elaboração, mas maior segurança na análise de variabilidade do processo.	
		Cartas por atributos	Mediana e Amplitude (\tilde{x} e R): ideal para controle contínuo de processo (não exige cálculos) mas a mediana não é tão precisa quanto a média.	
			X individual e R: ideal para testes destrutivos ou dispendiosos, mas são menos sensíveis à alterações do processo do que as outras cartas.	
Proporção de Defeituosos p: % de unidades não conformes na amostra. As amostras podem ter tamanhos diferentes				
Número Total de Defeituosos np: número de unidades não conformes na amostras. As amostras têm que ser de tamanho constante.				
Determinação do tamanho e frequência de amostragem	Outros modelos de cartas de controle: Modelos que normalmente são aplicados quando os dados de um processo não forem auto-correlacionados e apresentam uma evolução dos modelos tradicionais. Ex: carta multivariável, cumulative-sum, EWMA, Cartas para produções curtas ou eventos raros, cartas de controle de aceitação e cartas controle com limites modificados.	Tamanho e frequência para características por variáveis: De preferência adotar tamanhos constantes de amostras e definir o tamanho e frequência segundo os critérios de – a) tempo de resposta e capacidade de inspeção b) taxa de produção, alta escala, lotes pequenos c) custos de produção e d) erros estatísticos associados.	Número de Defeitos na Amostra c: número de não conformidades numa amostra. As amostras têm que ser de tamanho constante.	
			Defeitos por unidade u: número de não conformidade por amostra considerada como uma unidade. As amostras podem ter tamanhos diferentes.	
			Tamanho e frequência para características por atributos: a regra geral para a frequência é de que as amostras não devem ser muito espaçadas, já o tamanho das amostras é regido de acordo com o tipo de gráfico e seus conceitos de limites de controle. Os critérios também precisam ser ajustados para a realidade de cada processo.	

Quadro 2.3: Roteiro para do Planejamento da Implantação do CEP

GERENCIAMENTO DE PROCESSOS: Estabelecimento da rotina	Gerenciamento para manter o desempenho de um processo seguindo o método S.D.C.A. : atividades operacionais necessárias para manter o processo dentro dos limites de controle estabelecidos. <ul style="list-style-type: none"> • S (Standad) – Estabelece os procedimentos padrões (POPs) para atingir a metas. • D (Do) – Execução dos procedimentos (POPs) • C (Check) – verificação da condição de estabilidade do processo • A (Action) – ações corretivas para manter a estabilidade
	Gerenciamento para melhorar o desempenho de um processo seguindo o método P.D.C.A. : atividades gerenciais necessárias para reduzir a variabilidade do processo. <ul style="list-style-type: none"> • P (Plan) – Estabelece as metas de melhoria com base na observação e análise das características de qualidade do produto, e traça o plano de ação. • D (Do) – Execução do plano de ação • C (Check) – confirmação da efetividade da ação e cumprimento das metas. • A (Action) – padronização das atividades que deram certo (POPs).

2.3.2 – Desvantagens

A maioria dos autores não identifica desvantagens na implantação do CEP, apenas alertam para as causas dos insucessos de uma implantação do CEP, ou seja, desde que ele seja bem implantado, a empresa só tem a lucrar e os efeitos colaterais maléficos não são perceptíveis ou são insignificantes.

As principais causas dos insucessos de implantação do CEP estão, em sua maioria, ligadas à execução de forma deficiente ou até mesmo incompleta de algumas das etapas descritas no item anterior. Serão listadas a seguir algumas destas causas, que poderão servir de guia para os pontos que deverão ser melhor observados numa auditoria do sistema ou objeto de maior treinamento pelo responsáveis pela implantação (Sommer, 2000):

- Não envolvimento da diretoria – falta de apoio e estímulo, definição clara dos objetivos, prioridades e responsabilidades, envolvimento / comprometimento e de verificação / cobrança,
- Não envolvimento de todos os departamentos, resistência a mudanças e cultura organizacional não voltada para a qualidade. Apenas o departamento ou responsável pelo Controle de Qualidade “vestem a camisa do programa”,
- Dedicção ao programa apenas “na medida do possível” (prioridades).
- Seleção de característicos ou processos não merecedores do CEP ou de especificações inadequadas para o característico selecionado.
- Desconhecimento dos conceitos básicos de estatística e de sua aplicação, com falhas desde a escolha das freqüências e tamanho das amostras até à seleção das cartas de controle e seus limites de controle. Muitas vezes com a insistência de implantar o CEP em processos fora de controle.
- Inexistência ou não obediência a um cronograma de atividades, resultado de um inadequado plano de implantação.
- Não investigação das causas, confundir as causas comuns com causas especiais, falta de ação corretiva. Ênfase aos controles e papéis, deixando marginalizado o objetivo principal de redução da variabilidade. Dados falsos e dados inconsistentes com os fatos.
- Programas de treinamento para supervisores e operadores ineficientes ou inexistentes. Tornando métodos e ferramentas simples em elementos complicados, muitas vezes tentando acelerar o processo com a informatização precoce do CEP, ou tornando os treinamentos demasiadamente teóricos.

- Falta de padronização das tarefas operacionais e estabelecimento de normas de Medida/Objetivo específicas para acompanhar a evolução.
- Espera de grandes resultados em curto prazo, falhas na divulgação e promoção do CEP estimulando a desmotivação e futura desistência.

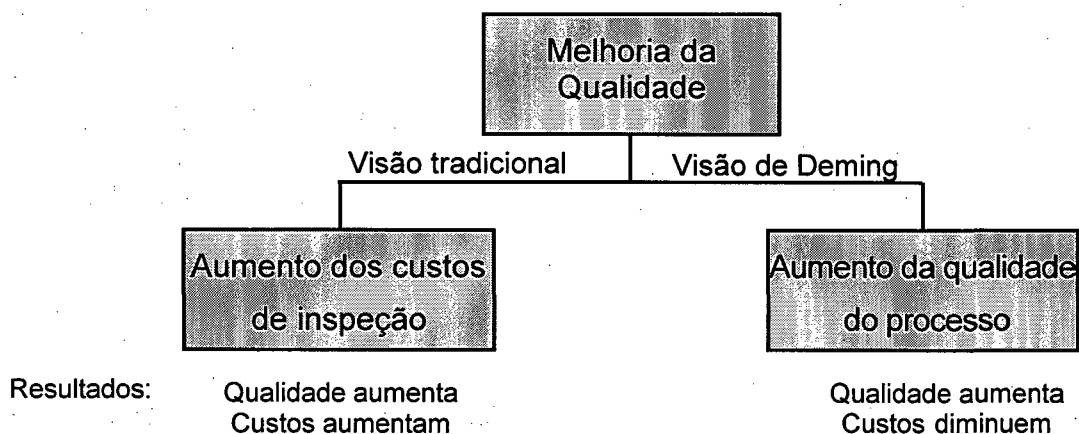
Por todas as barreiras que normalmente o termo “estatística” parece levantar para os leigos, muitas vezes pela ênfase excessiva atribuída às formulas matemáticas e deduções, seria de supor que as principais dificuldades de implantação seriam de ordem técnica “pensar estatística”, mas vemos que na verdade as atividades administrativas ou a elas ligadas são as principais causas dos insucessos. O que é perfeitamente justificável já que um CEP eficaz é 10% estatística e 90% ação administrativa (Hradesky, 1989, p. 1) e conforme Kume (1993, p. 7) destaca “...o aspecto que importa não é apenas o conhecimento dos métodos estatísticos, mas a atitude do indivíduo no sentido de querer aplicá-los.”

2.3.3 – Vantagens

Antes de mencionar quais as principais vantagens da implantação do CEP, é importante desmistificar um fator que é alvo de fortes críticas, a questão do custo de implantação. É comum nas altas gerências, sobretudo nas resistentes às mudanças, refugarem ou postergarem os programas de melhoria da Qualidade por acharem que os mesmos são muito caros. Onde a idéia de que o custo x benefício não compensa, é ajudada pela própria dificuldade de se medir o custo da qualidade.

Neste sentido devemos a Deming a grande contribuição na luta contra este errôneo conceito, mostrando que os custos totais da qualidade podem ser reduzidos através da melhoria dos processos, através da diminuição de defeitos produzidos e custos de prevenção e de inspeção, ou seja, um processo de alta qualidade é menos custoso do que um de baixa qualidade. Na figura 2.2 pode-se comparar a visão de qualidade antes e após a implantação do modelo de Deming.

Figura 2.2: Duas visões do custo da qualidade melhorada.



Fonte Davis (2001, p.161)

Davis (2001, p. 176) vai mais longe ao afirmar que a alta qualidade não é mais uma despesa, ela é um custo útil, especialmente quando é dada ênfase à prevenção de defeitos.

Podemos resumir na lista a seguir as vantagens que vários autores destacam como sendo metas / objetivos do CEP:

- Melhoria na qualidade, melhor conhecimento do processo e onde introduzir melhorias;
- Aumento da produção sob condições ótimas de produção,;

- Redução do custo por unidade;
- Redução do nível de defeituosos;
- Redução de refugo / Retrabalho;
- Economia em uso de materiais;
- Redução dos gargalos de produção;
- Avaliação científica das tolerâncias, ações baseadas em fatos e não em suposições;
- Redução da inspeção no fim da linha;
- Manutenção da eficiência operacional, eliminação de ajustes desnecessários,
- Conscientização a respeito da qualidade, motivação dos recursos humanos; envolvendo os próprios operadores no monitoramento do processo,
- Redução de atrasos,
- Menor número de reclamações de consumidores.

Neste ambiente altamente competitivo, no qual as regras mudam constantemente e os padrões estão sendo freqüentemente elevados, somente aquelas empresas que estão cientes de suas próprias capacidades e as de seus competidores irão sobreviver (Davis, 2001 p 141). O Japão segundo Ishikawa (1993) deve o seu avanço em produtividade ao uso dos métodos estatísticos, pois através destes o nível de qualidade cresceu, a confiabilidade aumentou e o custo caiu.

Juran (1995, p. 174) caracterizou bem este binômio de *Custo x Benefício de Qualidade* no seu conceito de meta de Qualidade Ideal. Segundo este autor a Qualidade Ideal deve atender às necessidades do cliente e do fornecedor da mesma maneira e também minimizar seus custos combinados.

2.4 - Características de Qualidade de um Produto

A definição das características é uma questão fundamental no processo de implantação do CEP. Normalmente se seleciona as características que são mais objeto de reclamação ou sugestão de melhoria por parte dos clientes, embora Paladini (1997, p. 46) sugira que além das reclamações também deve-se observar a reação dos consumidores diante do produto, quer seja através de pesquisas de opinião quer seja através de clubes de consumidores (seleção de grupo representativo de consumidores).

Assim sendo, podemos classificá-las do ponto de vista de:

- Utilização do Produto – características que são consideradas mais importantes pelo consumidor. Ex. potabilidade da água mineral
- Identificar o produto e o Individualizar – características exclusivas do produto. Ex. percentual de mineralização da água.
- Ocorrência de Defeitos – itens mais caros do produto. Ex. vasilhame e tampa da garrafa de água mineral.
- Características cujas alterações provocam reflexos imediatos no produto. Ex. vazamento, volume, lacre
- E características que possam provocar impacto forte no consumo usual.

O uso das ferramentas da Qualidade, tais como o Diagrama de Ishikawa e o Diagrama de Pareto, é de extrema valia na seleção das características que serão objeto de monitoramento pelo CEP. Um exemplo desta aplicação poderá ser vista no item 3.4 onde estas ferramentas foram usadas pelo autor no estudo de caso apresentado neste trabalho.

Em sistema de produção complexos, envolvendo vários processos e sub-processos com inúmeras características de qualidade a serem identificadas, é recomendável a utilização de uma metodologia mais apurada e complexa. Com a ajuda de um sistema de matrizes do Quality Function Deployment (QFD – Desdobramento da Função Qualidade), se cruza as demandas de qualidade do Cliente com a seleção natural das características técnicas dos processos identificadas pela equipe responsável pelo sistema de produção. Segundo RIBEIRO (1998, XVIII ENEGEP) este método permite capturar a voz do cliente (qualidade demandada) e priorizar os processos críticos e as características de qualidade inerentes a cada um deles, que serão monitorados e otimizados.

2.5 - Coletas de Dados

Antes de se iniciar a coleta de dados, propriamente dita, é importante que se analise o processo e as características selecionadas para identificar a necessidade ou não de se estratificar uma determinada característica. Por exemplo, se alguém analisasse o fechamento de uma garrafa de água e identificasse que existe mais de um cabeçote de fechamento, então seria interessante além de anotar os valores observados de cada amostra, identificá-los com cada um dos cabeçotes, facilitando a busca da origem de algum futuro problema. Nesta etapa se recomenda o uso de outras ferramentas da Qualidade como o Fluxograma, Diagrama de Pareto e o Diagrama de IshiKawa.

No item 2.3.1 sobre a implantação do CEP, se resume alguns aspectos importantes na implantação e operação do sistema de coleta de dados que se discutirá em seguida.

2.5.1 - Avaliação dos sistemas de medição

Nesta fase se estabelece a relação de variabilidade inerente ao próprio sistema de medição.

Nesse sentido, é de suma importância o trabalho de Werkema (1996, p. 9-84) em identificar nas atividades de medição, os vários fatores responsáveis pela sua variabilidade, mostrando a importância de se estudar e quantificar estas fontes de variação associadas à medição. O Quadro 2.4 apresenta as atividades de um processo de medição e suas principais fontes de variação:

Quadro 2.4: Fontes de variação que afetam um sistema de medição.

ATIVIDADE	FONTES DE VARIAÇÃO ENVOLVIDAS NO PROCESSO DE MEDIÇÃO
Retirar uma peça da população	Diferença entre peças devido a amostragem
Preparar a peça para medição	Métodos de preparação Materiais de preparação
Calibrar o sistema de medição	Método de calibração Mudanças nas condições ambientais Medidor de referência
Colocar a peça no medidor	Método de colocação da peça
Medir a característica de interesse	Leitura do medidor Capacidade do medidor Desvio da calibração Mudanças nas condições ambientais

Fonte: Schissatti (1998).

A calibração é outro procedimento que não pode ser esquecido. É importante que se possa garantir quanto à capacidade dos instrumentos de efetuar as medições sem erros sistemáticos, ou seja, a incerteza da medição do equipamento/instrumento deve ser menor que a tolerância máxima de erro admitida

para cada processo onde o mesmo é empregado. Uma sugestão é fazer a análise com ajuda da fórmula,

$$RC = IM/T$$

Onde:

IM = Incerteza da medição do equipamento/instrumento

T = Tolerância máxima de erro admitida no processo

RC = Resultado da calibração

Para um aparelho ser aprovado o resultado da calibração (RC) tem que ser menor ou igual a 1/3 da tolerância máxima (T). Hoje no Brasil existem várias empresas especializadas em fazer a calibração dos instrumentos de medição, inclusive muitos dos fornecedores de equipamentos já têm o seu próprio laboratório de metrologia, e oferecem esse tipo de serviço aos seus clientes.

Outro aspecto que se deve avaliar na seleção do equipamento de medição é a resolução do mesmo. Ela deverá ser maior que a variação do processo que se deseja medir, pois caso contrário ele não conseguirá detectar as variações. Ex. Deseja-se pesar um determinado produto em gramas, a balança deverá ter uma resolução no mínimo de 0,1 gr.

2.5.2 - Métodos de coleta de dados

Antes de se iniciar a coleta de dados propriamente dita é importante que os funcionários envolvidos sejam treinados no sistema de medição, e não tenham dúvidas com relação à característica que está sendo avaliada. A falta de definições claras de características da qualidade e de método de fazer medições

pode conduzir a erros de medição, levando a conclusões inválidas (Paranthaman, 1990, p. 122).

Ao coletar os dados é importante que sejam armazenados e dispostos de forma clara para facilitar o posterior tratamento, já que a aplicação neles, das ferramentas estatísticas, é que permitirá transformá-los em fontes de informação para as futuras decisões. Ishikawa (1993, p.114) referencia os erros mais comuns de coleta de dados, classificando-os em Dados Falsos e Dados Errados.

- *Dados Falsos* – são dados que são adulterados ou manipulados de forma a esconder a realidade. Muitas vezes os funcionários responsáveis pela coleta, dão um “jeitinho” de encaixar os dados dentro do desejável, para não serem repreendidos e até mesmo por desconhecimento das implicações dessa “ajudinha” na interpretação e avaliação estatística do processo. É importante que os valores coletados reflitam claramente os fatos.
- *Dados Errados* – são dados incompletos e parciais que não permitem a tomada de decisão. Mais fáceis de serem evitados, a sua eliminação depende muito de uma boa avaliação do sistema de medição e treinamento de todos os envolvidos (coletores e analistas) no emprego dos conceitos estatísticos que irão fazer uso dos dados coletados, fases precedentes do programa de implantação do CEP, ver Quadro 2.2 (Metodologia Estatística de Avaliação para a implantação)

Hoje pode-se dispor de programas de informática com formulários de coletas digitalizados que permitem evitar que alguns destes tipos de erros ocorram, além de acelerar a disposição dos dados para a interpretação e análise. Outra

ferramenta muito usada neste estágio são as *Folhas de Verificação*, que pela sua simplicidade e padronização facilitam a interpretação dos dados e previnem os erros mais comuns de coleta.

Folha de Verificação é um formulário de papel no qual os itens a serem verificados já estão impressos, de modo que os dados possam ser coletados pelos chamados funcionários de “chão de fábrica”, de forma fácil e concisa, e permitindo a sua organização simultaneamente à coleta.

2.5.3 - Formação de subgrupos racionais

Denominam-se subgrupos racionais ao conjunto de itens coletados que devem constituir um subgrupo tão homogêneo quanto possível da produção do processo objeto de estudo ou seja eles precisam ser a imagem do processo (raio-X) e todas as suas características. Segundo Werkema (1995, p.223) e Kume (1993, p.115) a formação adequada dos subgrupos racionais é fundamental para que seja construído um gráfico de controle realmente aproveitável. É comum alguns autores chamarem de “amostra” aos subgrupos, na verdade todos estão se referindo à mesma coisa, ou seja, a um ou mais itens retirados de uma população com a intenção de prover informações sobre ela (Kume, 1993, p.43).

Nesta fase é importante ao selecionar a forma de coletas dos subgrupos, procurar fazer com que as variações observadas dentro de cada amostra possam ser atribuídas às causas comuns, e que a variação entre os vários subgrupos coletados seja devido às causas especiais. Por exemplo ao coletar amostras de uma determinada produção, originada de várias máquinas iguais,

deve-se extrair amostras individualmente de cada máquina, ao invés de um único conjunto representando todas as máquinas.

Ao dividir a amostra em diversos subgrupos com base em certos fatores ou fontes de variação (neste caso a certeza de duas máquinas não produziram um mesmo produto igual), na verdade estaria-se fazendo o que Kume (1993, p.11) chamou de "estratificação", e é muito importante ressaltar que o registro e a identificação desses subgrupos seja feita na ordem cronológica de sua obtenção (Ruy, 1964, p.40). Um exemplo desta estratificação pode ser observado neste estudo de caso para a variável torque, onde se tem o grupo de dados de uma amostra, subdividido em subgrupos de dados para cada cabeçote de fechamento (ver capítulo 4).

A maioria das literaturas sobre o assunto de formação de sub-grupos segue a abordagem de Montgomery (1991) que é mostrado no Quadro 2.5 a seguir.

O Tamanho das Amostras, Número de Amostras e Freqüência da Amostragem são fatores importantes na seleção dos tipos de gráficos e métodos de análise e representatividade do processo em observação (Davis, 2001, p. 196).

Na definição do tamanho dos sub-grupos, denominado de " n ", é preciso buscar um equilíbrio entre o ideal para que possa obter boa sensibilidade dos gráficos e seus limites, e o tempo e valores gastos para que se possa avaliar toda a amostra.

Quadro 2.5: Métodos de formação de Subgrupos Racionais.

OBJETIVO	MÉTODO	CARACTERÍSTICAS
Detectar mudanças que possam ter ocorrido no processo	Retirar dados relativos a peças produzidas seqüencialmente ou em instantes de tempo o mais próximo possível.	<p>- fornece um "instantâneo" do processo no momento da coleta.</p> <p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none">• Procedimento mais prático de ser aplicado.• Minimiza a possibilidade da presença de variabilidade devido a causas especiais dentro da amostra.• Maximiza a detecção de causas especiais entre amostras. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none">• Pode não permitir a detecção de causas especiais se as variações ocorrerem entre a extração de duas amostras.
Tomar decisões sobre a aceitação (grau de homogeneidade) de peças produzidas no período entre amostras coletadas	Retirar dados relativos a peças produzidas desde que a última amostra foi retirada.	<p>- Cada subgrupo é uma amostra aleatória de toda a produção do processo durante o intervalo de amostragem.</p> <p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none">• Maior representatividade do processo. <p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none">• Necessidade de cuidados especiais na interpretação dos gráficos. Ex. mudanças na média do processo podem originar pontos fora dos Limites de Controle nos gráficos de dispersão (<i>R</i> ou <i>s</i>) em que tenha havido mudança na variabilidade do processo.

Embora não existam fórmulas prontas para determinar o tamanho e a frequência, em geral são adotadas as seguintes estratégias:

- *Amostra grande* \Rightarrow *Baixa frequência* - Sub-grupos grandes oferecem um menor desvio-padrão da distribuição das médias, limites de controle 3σ mais rígidos e maior sensibilidade no gráfico para \bar{X} (Juran, 1992, p.202). Este tipo de amostragem é muito comum em processos de taxa de produção baixa (quantidade de peças produzidas por unidade de tempo). Existe um consenso geral de definir sub-grupos (amostras) grandes como tendo $n \geq 10$.
- *Amostra pequena/moderada* \Rightarrow *Alta frequência* – amostras pequenas predominam na maioria das indústrias que têm alta taxa de produção, desta

forma durante o período entre as amostras não serão produzidos muitos itens não-conformes, sobretudo quando essas não-conformidades representam grandes perdas em dinheiro. O tamanho destes sub-grupos normalmente varia de $n=4$ a $n=6$.

- *Amostras de $n=1$ (individual)* – freqüente quando a avaliação da característica é do tipo destrutiva (muito dispendiosa) ou de processos cujo um único dado já é suficientemente representativo (processos químicos).

Não é necessário que os dados sejam coletos em intervalos de tempo precisos, aliás, esse sistema pode até incorrer em dados mascarados pela produção, pois o operador já sabe quando as amostras serão coletadas e pode mudar o seu comportamento com relação à qualidade do processo no instante da coleta. No entanto, a freqüência das amostras deve ser definida levando em conta o tamanho das mesmas, de modo que permita um tempo de resposta rápido para a análise dos dados e atuação no processo.

2.6 - Gráficos de Controle

Segundo Toledo (1987, p. 29) os Gráficos de Controle representam uma das técnicas estatísticas que servem de apoio ao controle de qualidade de um processo, fornecendo evidências de suas variações tanto de caráter aleatório quanto de caráter determinável. Eles permitem que se possa atuar no processo de forma preventiva, corrigindo possíveis desvios de qualidade, em tempo real, no momento em que eles estão ocorrendo, não deixando que a situação de possibilidade de ocorrência de não conformidades perdure e acabe com uma possível reprovação do lote final.

Os gráficos ou cartas de CEP nada mais são do que uma versão especializada das cartas de controle (uma das ferramentas do controle da Qualidade) que incorporam a estatística, apresentando a média e as medidas de variação do processo. Davis (2001, p.163)

Para que se possa obter um gráfico que permita uma análise do comportamento de um processo, é necessário que se tenha um numero mínimo de amostragens, para Paranthaman (1990, p.124) esse número deve ser no mínimo 25.

A interpretação dos dados coletados (observações) em um processo, em tempo real, deve ser o mais objetiva e detalhada possível, com a localização do valor "central" (média e mediana) e a dispersão dos mesmos (amplitude e desvio-padrão).

A seguir se apresenta uma pequena referência conceitual às funções matemáticas que melhor expressam essa interpretação:

Localização do valor central:

- Média Aritmética: é simplesmente a média das observações, ou seja, o total das observações dividido pelo número de observações. Representada pela expressão \bar{X} é a mais usada devido à sua melhor precisão, a sua fórmula é:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Ex. coletados os seguintes dados de temperatura:

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
26	25	26	27	24	30	32	24	29

a média $\bar{X} = 27$

- **Mediana:** colocando as observações em ordem crescente, é denominado de mediana o valor que está exatamente no meio dessa ordenação. Embora tenha a vantagem de ser de fácil aplicação, oferece uma estimativa mais variável do valor central que a Média Aritmética. Tomando como exemplo os mesmos dados, observar-se no exemplo abaixo essa diferença:

Primeiro ordena-se os dados

X_5	X_8	X_2	X_1	X_3	X_4	X_9	X_6	X_7
24	24	25	26	26	27	29	30	32

a mediana é o valor em destaque (26)

Medidas de Dispersão:

- **Amplitude:** é a medida mais simples da dispersão, obtida pela diferença entre o maior e o menor valor das observações. Muito usada devido à sua simplicidade, contudo tem a desvantagem de apresentar um mesmo valor independentemente da variação que ocorrer dentro dos valores extremos e tende a crescer quando cresce o tamanho da amostras. Tendo como exemplo os mesmos dados a amplitude seria:

$$r = (X_{\text{maior}}) - (X_{\text{menor}}) = 32 - 24 = 8$$

- **Desvio-padrão:** é uma medida de dispersão que além de corrigir as distorções da Amplitude (considera todos os valores das observações) dá uma boa idéia dos desvios das observações em relação ao Valor Central. Esta medida é dada pela fórmula,

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Utilizando-se dos mesmos dados dos exemplos anteriores, o valor do desvio-padrão seria:

$$s = 2,78$$

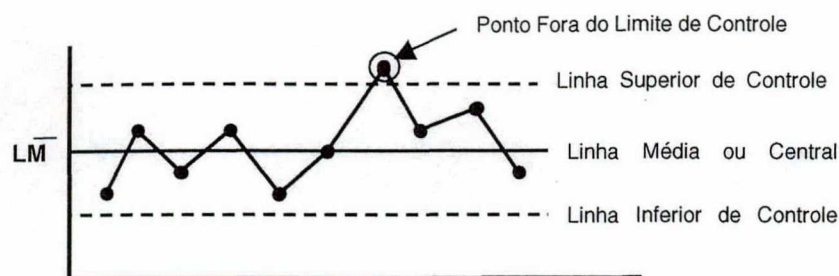
2.6.1 - Seleção e Interpretação dos gráficos de controle

Antes da coleta dos dados é importante que se conheça qual a forma de avaliação de conformidade da característica da qualidade que está sendo estudada. Assim ela pode ser classificada em: *variáveis* ou *atributos*. A primeira se aplica para os casos de característica da qualidade medida, já a segunda se aplica às características de qualidade do tipo “passa ou não passa”, atende ou não ao requisito especificado (não existe meio termo, é SIM ou Não).

Existe ainda a possibilidade de ter *variáveis* tratadas como *atributos*, ou seja no conjunto o que interessa saber é se a peça está boa, aprovada ou não, mas para fazer essa análise é preciso que se faça a medição da variável responsável pela análise (ex. diâmetro de um cilindro).

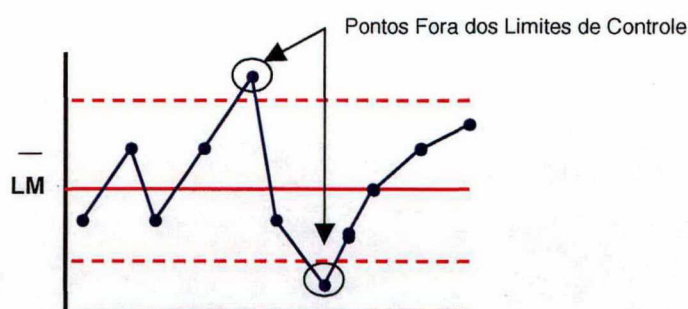
A figura 2.3 mostra um modelo genérico de gráfico de controle, onde se tem 3 linhas paralelas, sendo uma central (LM) e as demais representando um par de limites de controle (um desses limites localiza-se abaixo da linha central (LIC) e outro acima da mesma (LSC)), e por fim, os valores referentes a uma característica da Qualidade, marcados no gráfico representando o estado de um processo.

Figura 2.3: Gráfico de controle.



Uma das particularidades dos gráficos de controle é que ao observar o seu comportamento, pode-se dizer se o processo está, ou não, sob controle estatístico. Assim, se todos os pontos traçados no gráfico (Figura 2.4) estiverem dentro dos limites de controle sem qualquer tendência particular, ou seja, a disposição dos mesmos é aleatória, afirma-se que o processo está sob controle estatístico. Caso contrário, um ou mais pontos fora dos limites de controle ou distribuição não Aleatória, o processo é considerado fora de controle estatístico e demanda investigação.

Figura 2.4: Processo fora de controle estatístico.

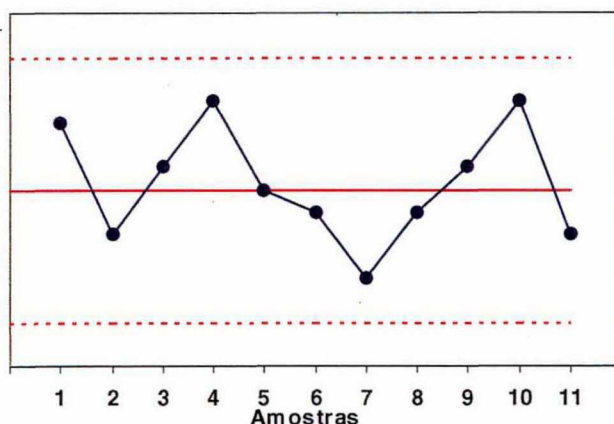


Como já visto, os pontos fora dos limites podem ser fruto de variação de causas especiais, assim, deve-se identificar os fatores que causam esta variação e eliminar estes pontos. A partir do momento que se deixa de ter pontos fora dos limites de controle, a atenção passa para o estudo do

comportamento da linha traçada pelos demais dados registrados no gráfico. Embora existam testes estatísticos para se determinar se a disposição dos pontos é não-aleatória, apresenta-se a seguir alguns padrões típicos de comportamento não-aleatório, que caracterizaria o processo como estando fora de controle:

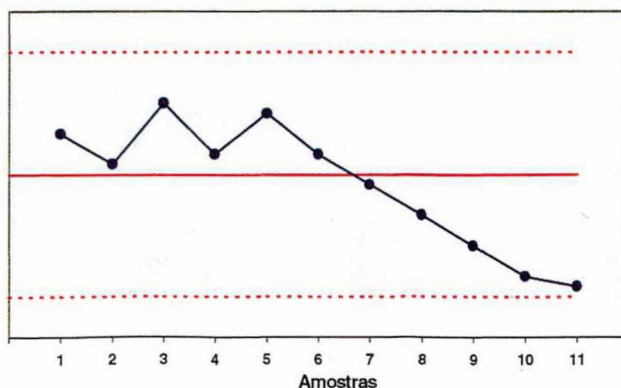
- *Periodicidade ou ciclos* - Quando a linha apresenta subidas e descidas em intervalos regulares de tempo (Figura 2.5), associado normalmente quando uma das condições do processo (ex. temperatura, operador, turno) sofre mudanças periódicas.

Figura 2.5: Exemplo de periodicidade em Gráfico de controle.



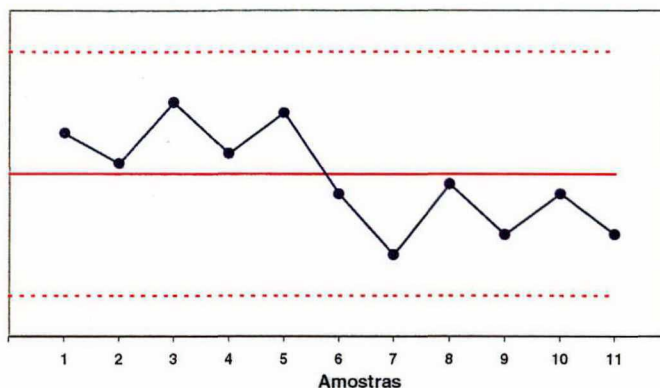
- *Tendência* – Quando os pontos se direcionam nitidamente para cima, ou para baixo (Figura 2.6), é o exemplo típico de desgaste de ferramentas, cansaço de operadores, etc.

Figura 2.6: Exemplo de *tendência* em Gráfico de controle.



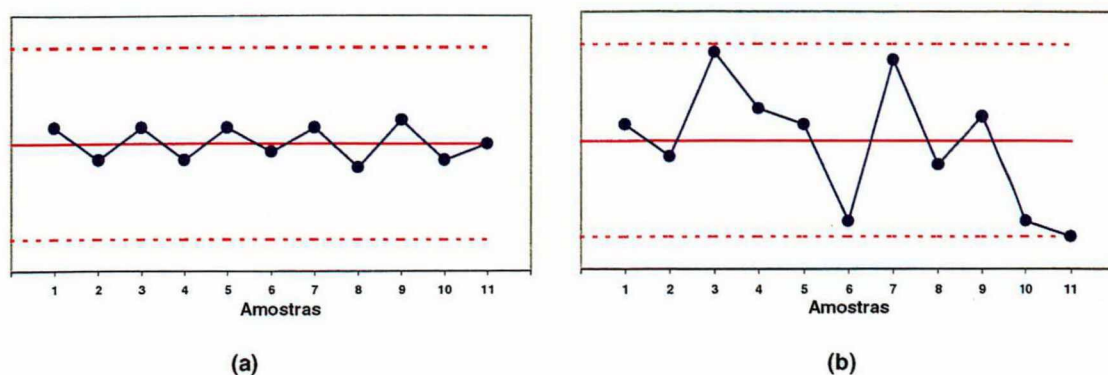
- *Deslocamento* – Quando apresenta mudança no nível de desempenho do processo (Figura 2.7), normalmente justificada por introdução de novas máquinas, novos métodos ou até mesmo de um programa de qualidade (PDCA).

Figura 2.7: Exemplo de *Deslocamento* em Gráfico de controle.



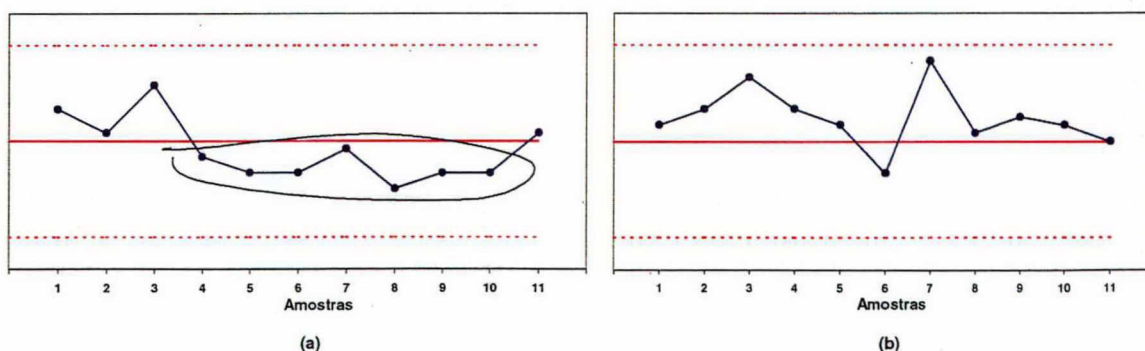
- *Falta ou excesso de Variabilidade* – Na primeira hipótese a linha de dados se posiciona próxima à linha central, como mostra a Figura 2.8(a), normalmente fruto de erros de coleta (dados falsos) ou seleção imprópria de subgrupos racionais. Na segunda hipótese a linha assume um comportamento inverso, com piques extremos de comportamento, como mostra a figura 2.8(b), resultado de ajustes freqüentes de máquinas ou interferência de outros níveis de fatores de causa de variação que normalmente justificaria uma melhor estratificação dos dados. Exemplo de um molde de injeção com várias cavidades – selecionar as amostras individualmente por cavidade.

Figura 2.8: Exemplo de Falta (a) e Excesso (b) de Variabilidade em Gráfico de Controle.



- Sequência – Situação em que pontos consecutivos incidem em um dos lados da linha central. Esta sequência de pontos se chama de “comprimento da sequência” (Kume, 1993, p. 113). O mesmo autor considera como sendo anormal uma sequência de 7 pontos (Figura 2.9-a), ou até mesmo uma sequência com menos de 6 pontos mas que de 80% dos pontos do gráfico se localizam de um só lado da linha central (Figura 2.9-b). Ex. 10 de 11 pontos, 12 de 14 pontos, etc.

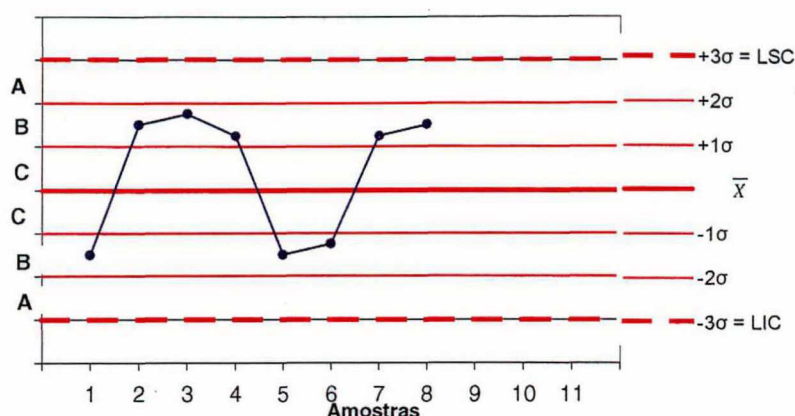
Figura 2.9: Exemplos de Sequências anormais em Gráfico de Controle.



Existem outros autores que usam de um conceito similar, mas analisam o comportamento das linhas dentro das faixas que comportam 1σ , é o caso de Lloyd Nelson (Juran, 1992, p.214) que oferece oito testes para detectar padrões

ccpincomuns, não-aleatórios, em gráficos de controle usando limites de controle 3σ (ex. Figura 2.9).

Figura 2.10: Exemplo de um teste de Loyd Nelson (1984). Oito pontos sucessivos acima ou abaixo da linha central, fora da zona C



Fonte: Juran (1992, p. 215)

É certo e sabido que muitas vezes são realizados trabalhos de coleta de dados, geração de gráficos e tabelas que acabam não sendo efetivamente utilizados para a melhoria e controle do Processo pela falta de capacidade de interpretação. Nesta fase é importante o treinamento dos operadores (“chão de fábrica”), já que o ideal é que eles mesmos façam, corretamente, essa interpretação e agilizem as ações pertinentes. Como ressalta Batista (1996, p. 2), é preciso ter sempre em mente, que sem conhecimento e sem aplicação do conhecimento, não há evolução.

2.6.2 – Variáveis

O primeiro critério de seleção do tipo de gráfico, é o aspecto tamanho da amostra “n”. O Quadro 2.6 nos mostra as várias opções para cada tipo de amostragem.

Quadro 2.6: Tipos mais comuns de Gráficos de Controle por Variáveis

TIPO DE GRÁFICO	USO TÍPICO	VANTAGENS	DESVANTAGENS	SISTEMA DE AMOSTRAGEM	LIMITES DE CONTROLE	
					Tipo de Carta	Fórmulas
$\bar{X} - R$	<ul style="list-style-type: none">- Monitora a variação da média e da amplitude- Processos onde predomina o uso de máquina	<ul style="list-style-type: none">- É o mais conhecido e usado na prática.- Apresenta facilidade na elaboração dos cálculos- Uma ótima visão da variação estatística de um processo.	<ul style="list-style-type: none">- Indica com menor segurança a variabilidade do processo- Relação indireta entre limites de controle e tolerância.	$n < 10$ e constante (Normalmente entre 4 e 6) $m = 20$ a 25	Carta \bar{X}	$LSCX = \bar{X} + A_2 * \bar{R}$ $LMCX = \bar{X}$ $LICX = \bar{X} - A_2 * \bar{R}$
					Carta R	$LSCR = D_4 * \bar{R}$ $LMCR = \bar{R}$ $LICR = D_3 * \bar{R}$
$\bar{X} - s$	<ul style="list-style-type: none">- Monitora a variação da média e do desvio-padrão	<ul style="list-style-type: none">- Uma ótima visão da variação estatística de um processo.- Indica com maior segurança a variabilidade do processo.	<ul style="list-style-type: none">- Relação indireta entre limites de controle e tolerância.- Apresenta mais dificuldade operacional.	$n > 10$ pode ser variável $m = 20$ a 25	Carta \bar{X}	$LSCX = \bar{X} + A_3 * \bar{R}$ $LMCX = \bar{X}$ $LICX = \bar{X} - A_3 * \bar{R}$
					Carta s	$LSCR = B_4 * \bar{s}$ $LMCR = \bar{s}$ $LICR = B_3 * \bar{s}$
\bar{X} e R	<ul style="list-style-type: none">- Média individual e amplitude da amostra- Quando se tem inspeção automatizada 100%- Onde apenas uma observação por lote é disponível	<ul style="list-style-type: none">- Mais rápidos de se montar- Mais fáceis de serem completados- Mais fáceis de serem explicados- Comparáveis diretamente à Tolerância.- Indicado para casos de medições dispendiosas, demoradas e em testes destrutivos.	<ul style="list-style-type: none">- Não são tão sensíveis à alterações do processo quanto os gráficos \bar{X}, R e s.	$n = 1$ $m > 20$	Carta X	$LSCX = \bar{X} + 2,660 * \bar{R}$ $LMCX = \bar{X}$ $LICX = \bar{X} - 2,660 * \bar{R}$
					Carta R	$LSCR = 3,267 * \bar{R}$ $LMCR = \bar{R}$ $LICR = 0$

Os valores A_2 , A_3 , B_3 , B_4 , D_3 e D_4 são obtidos de pesquisa em tabelas adequadas.

Vários autores recomendam que os primeiros limites calculados sejam provisórios, até que se obtenha o processo sob controle e mesmo assim recomendam que estes limites sejam revistos periodicamente, podendo de acordo com a exigência de cada processo variar de 1 semana , 6 meses, etc. Quando forem identificadas mudanças técnicas no estado do processo, deve ser feita a revisão dos Limites de Controle o mais rápido possível (Kume,1993, p. 143).

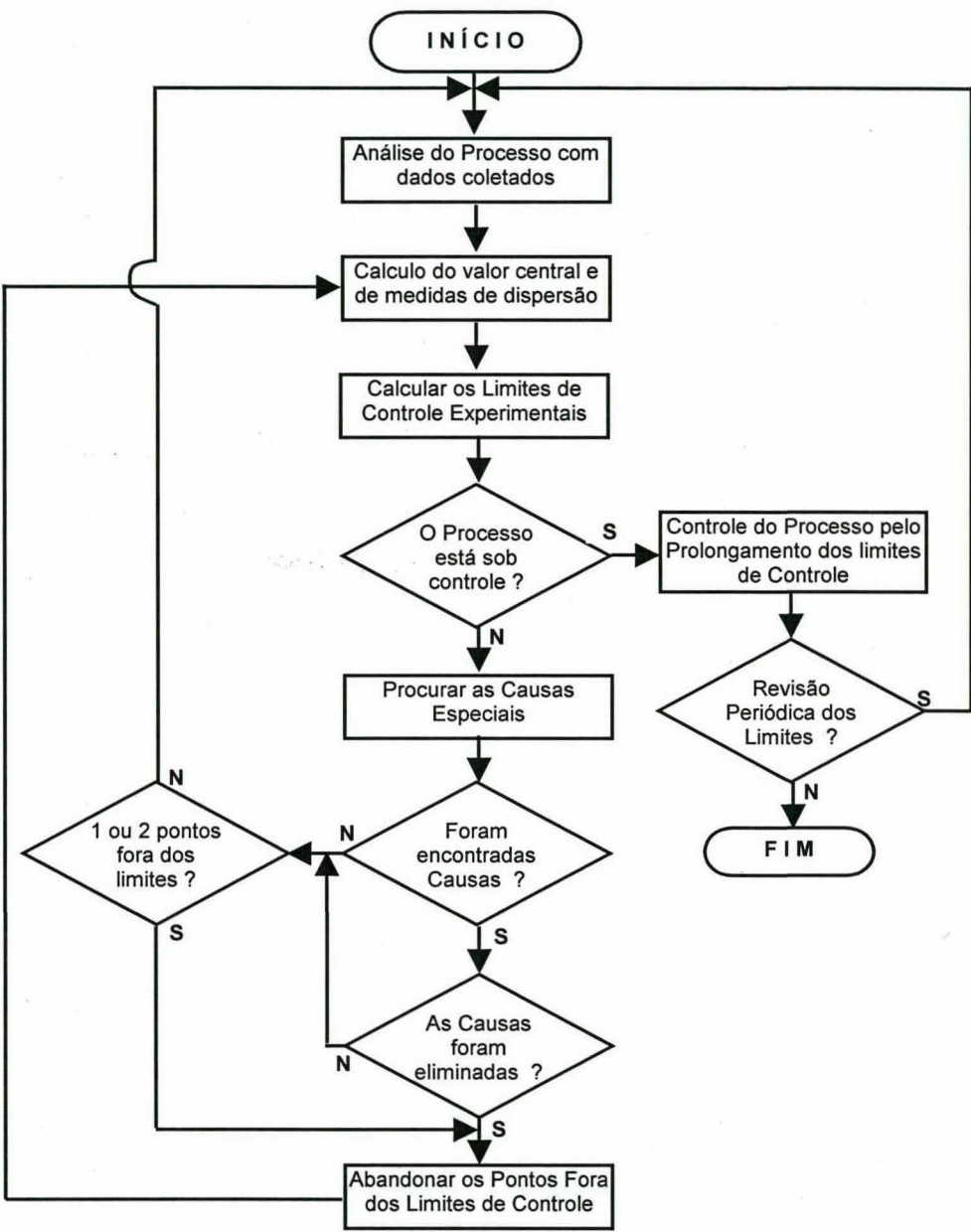
A Figura 2.11 nos mostra o fluxograma para a construção e utilização de Gráficos de Controle por variáveis. Verifica-se que existe uma proposição inicial de limites experimentais que só se tornam definitivos após serem eliminadas todas as causas especiais, e que em determinada altura, por não conseguir descobrir as *causas especiais*, vários autores entre eles Werkema (1995, p.211) recomendam que:

- Se forem poucos pontos (1 ou 2), se ignore a interpretação dos mesmos e eles são mantidos assim como os limites de controle encontrados.
- Que se considere como se as causas tivessem sido encontradas e que os pontos sejam descartados e que se façam novos cálculos dos limites de controle considerando apenas os pontos remanescentes.
- E por último seria a opção de uma nova coleta de dados.

O mesmo autor ressalta sobre os perigos da 1ª e 2ª ação, e que as novas interpretações são muito importantes para ratificar estas escolhas.

No fluxograma (Figura 2.11) ainda foi introduzida a fase de revisão periódica dos limites.

Figura 2.11: Fluxograma de construção e utilização de Gráficos de Controle por Variáveis.



Fonte: Adotado de Kume (1993, p. 142) e Werkema (1995, p.210)

2.6.3 – Atributos

Como já foi definido anteriormente, atributos são característicos da qualidade que resultam de uma operação de contagem após a avaliação de

conformidade. O item inspecionado é apenas classificado em *conforme* (se está de acordo com as especificações) ou *não-conforme* (se não está de acordo com as especificações). O caso da lâmpada é um exemplo simples desta situação, ela ou acende ou não acende, e para exemplos mais complexos com mais de um tipo de defeito por unidade, tem-se o caso dos computadores onde se conta o número de defeitos que cada unidade contém.

A seleção do tipo de gráfico tem indicação precisa, de acordo com o tamanho das amostras e quantidades de tipo de análise a ser conduzida face à quantidade de defeitos por produto, um único tipo de defeito (ou mais de um mas agrupado) e vários tipos de defeito. O Quadro 2.7 mostra os critérios de seleção e as fórmulas usadas para os cálculos dos limites de controle de Gráficos de Controle por Atributos.

Para o caso dos gráficos “*n*” e “*np*” é importante ressaltar para a definição do tamanho das amostras, a ANSI/ASQC (Juran, 1992, p.219) recomenda que seja encontrado pelo menos 1 item não-conforme em cada sub-grupo/amostra, já Vieira (1999, p. 118) recomenda que pelo menos 90% das amostras apresentem 1 ou mais de produtos não conformes.

Com relação ao tamanho variável de amostras Juran (1992, p.219) afirma que desde que os Sub-grupos não variem com relação ao tamanho médio dos sub-grupos “ \bar{n} ” em mais de 25%, estes podem ser considerados constantes e o valor “*n*” é substituído nos cálculos por “ \bar{n} ”, e pode-se utilizar desta forma o gráfico *np*, mais fácil de construir pelos funcionários chão de fábrica:

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i}{m}$$

Quadro 2.7: Seleção dos Gráficos de Controle por Atributos

CARACTERÍSTICAS DE UTILIZAÇÃO	TAMANHO DA AMOSTRA (n)	TIPO DE GRÁFICO	QUANTIDADE DEFEITOS AVALIADOS POR ITEM	FÓRMULAS		OBSERVAÇÕES
				Linha Médias	Limites de Controle	
Utilizada quando o característico de qualidade de interesse é representado pela proporção de itens defeituosos	"n" pode ser variável	P Proporção / Fração de Defeituosos	Apenas 1 ou se forem mais devem ser agrupados e considerados como 1	$\bar{p} = \frac{\sum d}{\sum n}$	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	<ul style="list-style-type: none">- Mais complexa de usar com amostras de tamanho variável por exigir mais cálculos.- Se $\bar{p} < 0,10$ usa-se a fórmula simplificada para LIC $\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}}{n}}$$d$ = numero de peças defeituosas n = tamanho da amostras
	"n" precisa ser constante	Np Número total de Defeituosos		\bar{np}	$\bar{np} \pm 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$	
Utilizada quando se deseja controlar o numero total de defeitos (independentes) que podem ocorrer numa unidade	"n" precisa ser constante (normalmente de 1 a 5)	C Numero de Defeitos na Amostra	≥ 1 normalmente são muitas inspeccionadas características com inúmeros defeitos	$\bar{c} = \frac{\sum c}{m}$	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$	<ul style="list-style-type: none">C = número total de defeitos em todas as unidades da amostram = número de amostras.
	"n" pode ser variável (normalmente de 1 a 5)	u Defeitos por Unidades		$\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n}$	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	

2.7 - Capabilidade do Processo

Nos itens anteriores foi comentado o significado dos diversos tipos de “curvas” apresentadas pelos dados plotados nos gráficos. Foi discutida a questão do processo estar sobre controle ou não. Mas sempre se está falando em relação ao limites de controle de cada gráfico calculados com base as médias de cada amostragem, é importante ressaltar que o fato do gráfico estar sob controle, não significa que os produtos resultantes atendem à especificação de qualidade exigida. Como diz Deming (1997, p.138) no estado de controle estatístico, pode-se dar significado à capacidade do processo em obedecer às especificações, mas na sua ausência, não é possível fazer qualquer previsão.

A avaliação da capabilidade de um processo é a atividade de quantificação e análise da variabilidade do mesmo (Montgomery, 1991, p.365) , comparando a variabilidade de um determinado característico da qualidade com a especificação do produto ou processo pertinente.

O que se discutirá agora é exatamente a relação entre os limites de controle e os limites de especificação. Em primeiro lugar é importante deixar claro que os limites de especificação não são limites de controle. Os limites de especificação definem o intervalo em que as medidas dos característicos da qualidade podem variar, e geralmente são estabelecidos pelos engenheiros durante o projeto do produto, pela administração ou pelo cliente (é o exemplo de fornecimento de componentes de um produto).

Uma das ferramentas usadas para avaliação da Capabilidade de Processo é o Histograma.

2.7.1 - Histogramas

Quanto maior for o tamanho da amostra (volume de dados), maior será a quantidade de informações fornecidas pela mesma, mas na mesma proporção maior será a dificuldade de extrair as informações dessa população. Nesta fase se faz necessário uma ferramenta da estatística que permita conhecer esta população de forma mais objetiva e rápida, o Histograma, representação gráfica de uma distribuição de freqüência, que possibilita a organização dos dados de uma amostra da população em estudo.

Sua definição clássica é a de um gráfico composto de retângulos justapostos, cujas bases se localizam sobre o eixo horizontal de modo tal que seus pontos médios coincidam com os pontos médios dos intervalos de classe (com largura igual à amplitude do intervalo de classe) e cujas alturas são as freqüências das classes.

Pelo seu apelo gráfico, a análise da forma do histograma é simples, mesmo para os mais leigos, e permite obter uma série de informações sobre a população em estudo. O Quadro 2.8 apresenta as formas mais típicas de histogramas e sua interpretação e foi montado com base nos trabalhos de Dellaretti (1994, p.77), Kume (1993, p.53) e Ishikawa (1982, p.13).

Quadro 2.8: Formas mais comuns de Histogramas

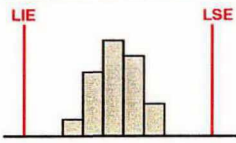
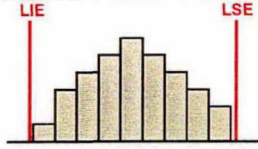
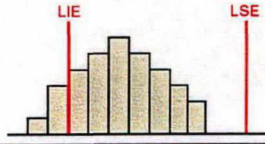
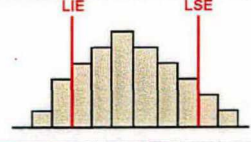
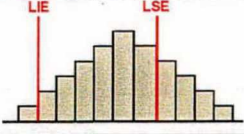
TIPO	FORMA	CARACTERÍSTICAS	QUANDO OCORRE
Geral / Normal / Sino		<ul style="list-style-type: none"> - A forma é simétrica - O valor médio do histograma está no meio da amplitude dos dados. - A frequência é mais alta no meio e torna-se gradualmente mais baixa na direção dos extremos. 	<ul style="list-style-type: none"> - É a forma mais frequente. - O processo ao qual a variável está associada usualmente é estável. - Quando a variável é contínua e não existem restrições para os valores que ela pode assumir.
Assimétrico Positivo		<ul style="list-style-type: none"> - A forma é assimétrica. - O valor médio do histograma fica localizado à esquerda (direita) do centro da amplitude. - A frequência decresce de modo um tanto abrupto em direção a um dos lados, porém de modo suave em direção ao outro lado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quando a característica de qualidade possui apenas um limite de especificação (inferior ou superior), e é controlada durante o processo de modo que satisfaça a essa especificação. - Existe uma impossibilidade teórica de ocorrência de valores mais baixos ou mais altos que um determinado valor. (Ex. pureza 100%).
Assimétrico Negativo			<ul style="list-style-type: none"> - Quando a quantidade de dados incluídos na classe varia de classe para classe. - Quando existe uma tendência particular no modo como os dados são arredondados.
Pente Multi-modal		<ul style="list-style-type: none"> - Várias classes têm, como vizinhas, classes com menor frequência. 	
Abrupto / Despenhadeiro à Esquerda		<ul style="list-style-type: none"> - O valor médio do histograma fica localizado bem à esquerda (direita) do centro da amplitude. - A frequência decresce abruptamente à esquerda (direita) e suavemente em direção ao outro lado. - A forma é assimétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quando possivelmente foram eliminados dados por uma inspeção 100%, por causa da baixa capacidade do processo; nesse caso o "corte" coincide com os limites de especificação. - Quando a assimetria positiva (negativa) se torna ainda mais extrema.
Abrupto / Despenhadeiro à Direita			
Achatado "Platô"		<ul style="list-style-type: none"> - Todas as classes possuem aproximadamente a mesma frequência, com exceção das classes extremas do gráfico, que apresentam frequências mais baixas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quando há a mistura de várias distribuições que têm diferentes médias.
Picos Duplos (bimodal)		<ul style="list-style-type: none"> - A frequência é baixa próximo ao meio da amplitude de dados e existe um pico em cada lado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quando dados provenientes de duas distribuições com médias diferentes são misturados. Por exemplo dois turnos, a estratificação dos dados ajudará a explicar este fato.
Pico Isolado		<ul style="list-style-type: none"> - Num histograma do tipo Geral existe mais um pequeno pico isolado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quando há uma pequena inclusão de dados provenientes de uma distribuição diferente, ou por erro de medição, ou em caso de anormalidade de processo ou até por inclusão de dados de um processo diferente.

2.7.2 – Avaliação gráfica da Capabilidade do Processo

Este tipo de avaliação nada mais é do que se inserir, nos histogramas, os dados referentes aos Limites de Especificação, traçando as linhas dos mesmos no gráfico do histograma. A avaliação consiste em verificar a localização do histograma com relação às linhas que representam os limites.

O Quadro 2.9 apresenta as situações mais comuns neste tipo de avaliação, e ainda pode-se observar a classificação que Dellaretti (1994, p. 85) e Werkema (1995, p.280) usaram tendo como critério as cores, vermelha, amarela e verde, de significado universal, ao classificar os processos quanto à sua capacidade.

Quadro 2.9: Análise gráfica da capacidade de um processo

CLASSIFICAÇÃO	COMPARAÇÃO GRÁFICA	CARACTERÍSTICAS	AÇÕES PERTINENTES
VERDE ADEQUADO BOA CAPABILIDADE		- Todos os dados estão localizados dentro dos Limites de Especificação com uma boa margem de segurança de ambos os lados. Esta margem é de pelo menos 1σ .	- Como o histograma atende à especificação com folga, só precisa manter a atual situação. - O processo está pronto para ser delegado para as pessoas que o operam.
AMARELO ACEITÁVEL CAPABILIDADE RAZOÁVEL		- Todos os dados estão localizados dentro dos Limites de Especificação, porém, aparecem alguns resultados muito próximos deles. Esta distância entre os valores extremos e os limites é menor do que 1σ .	- Como praticamente não existe uma margem extra, é importante reduzir um pouco a variabilidade - A gerência deve promover uma melhoria (PDCA) de tal forma que o processo se torne verde.
VERMELHO INCAPAZ INADEQUADO		- alguns dados estão localizados fora dos Limites de Especificação, exigindo inspeção 100% para separar os itens defeituosos e garantir a qualidade especificada.	- É necessário agir para trazer a média mais próxima ao centro das especificação.
			- São necessárias ações para reduzir a variação – melhoria do processo (PDCA).
			- São necessárias não só ações para reduzir a variação, como também para trazer a média mais próxima ao centro da especificação.

2.7.3 - Índices de Capabilidade

No item anterior viu-se uma forma gráfica de expressão da capabilidade de um processo, agora será feita esta mesma avaliação, mas de uma forma quantitativa, através do cálculo dos chamados *Índices de Capabilidade*, que virão consolidar a avaliação gráfica.

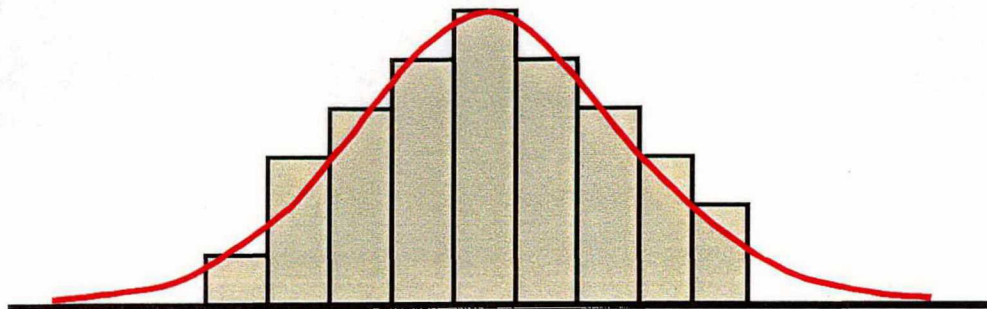
Estes Índices de Capabilidade são números adimensionais que permitem uma quantificação do desempenho do processo (Werkema, 1995, p. 278).

Para que se possa calcular estes índices, parte-se do pressuposto que o processo está sob controle estatístico e que a distribuição dos dados é *normal*.

Entende-se por *distribuição normal*, quando a curva representativa do limite de distribuição de freqüências relativas, assume a forma de um sino (montanha) tendo como características a sua simetria e a densidade de probabilidade mais alta no meio diminuindo, gradualmente, em direção às caudas.

A curva de distribuição nada mais é do que a explosão do histograma detalhado no item 2.7.1 para um número infinito de dados (imagem da própria população), onde o aumento de dados reduzirá o intervalo das classes, substituindo o formato original do histograma por uma curva suave (linha) de distribuição de freqüências. Na sobreposição mostrada na Figura 2.12. pode-se ver que o formato do histograma e da curva de distribuição são semelhantes.

Figura 2.12: Comparação entre um histograma e uma curva de distribuição normal.



A importância de se obter uma curva de distribuição normal, reside no fato de poder-se prever qual será a probabilidade dos dados coletados estarem dentro de cada classe de frequência (variabilidade), usando como parâmetro o centro da distribuição normal (média μ) e a dispersão da distribuição normal (desvio padrão σ). A Figura 2.13 e a Tabela 2.1 relacionam a probabilidade de se obter valores para cada intervalo, correspondente a 1 desvio padrão, quando são coletadas amostras aleatórias de uma população com essa forma de distribuição.

Figura 2.13: Limites 3σ numa curva de distribuição normal

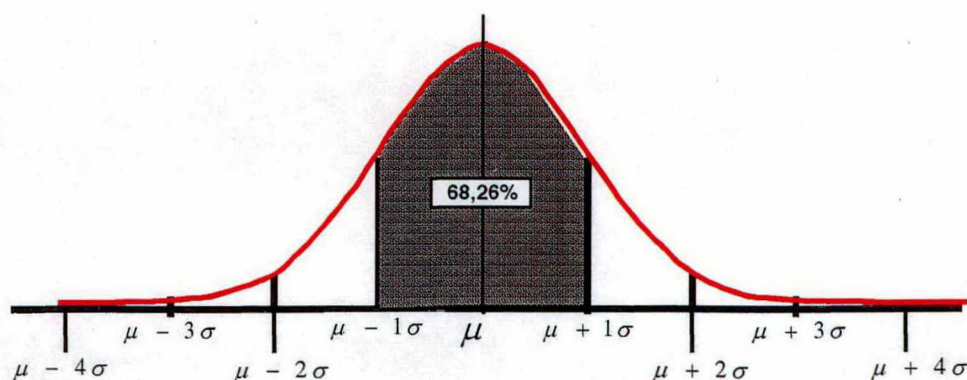


Tabela 2.1: Probabilidades associadas à distribuição normal

INTERVALO	PROBABILIDADE			
	DENTRO		FORA	
$(\mu \pm 1\sigma)$	68,26	%	31,74	%
$(\mu \pm 2\sigma)$	95,46	%	4,54	%
$(\mu \pm 3\sigma)$	99,73	%	0,27	%
$(\mu \pm 4\sigma)$	99,9936	%	0,0064	%

Denomina-se faixa de característica do processo (FCP) ao intervalo que representa a faixa de valores que prevemos para a maioria dos resultados futuros do processo. Essa faixa, também chamada de faixa padrão é definida pela fórmula:

$$FCP = \mu \pm 3\sigma$$

Consultando a Tabela 2.1, verifica-se que 99,7% dos resultados devem cair dentro desse intervalo. Segundo Paranthaman (1990, p. 137) “a capacidade de um certo processo pode ser definida como dispersão mínima da variação de uma medida específica, que irá incluir 99,73% das medições de um dados processo (amplitude com 6 σ)”.

Como o desvio padrão do processo σ é usualmente desconhecido, deve ser substituído, no cálculo do índices, por uma estimativa retirada das amostras $\hat{\sigma}$ dado pela formula:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \text{ou} \quad \hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4}$$

O mesmo raciocínio se aplica ao valor médio μ , que também deve ser substituído pela média das médias das amostras, $\bar{\bar{X}}$.

Ao calcular os Índices de Capabilidade, se estará comparando a faixa característica do processo com as especificações de engenharia (Dellaretti, 1994, p.103), verificando o desempenho do processo e se este consegue atender às especificações, ou não.

ÍNDICE DE POTENCIAL DO PROCESSO (C_P)

Mede a capacidade potencial do processo, relacionando a faixa de variação permitida ao processo, determinada pelos limites de especificação (Tolerância = LSE-LSI) e a faixa de variação real do processo. De acordo com o tipo especificação tem-se as seguintes formulas de cálculo do C_P :

- Especificações Bilaterais (LSE e LIE)

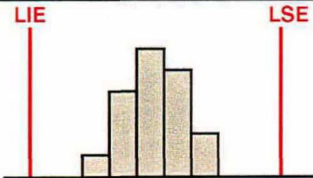
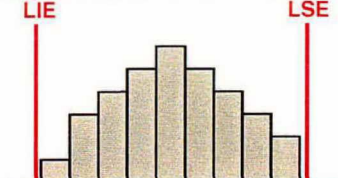
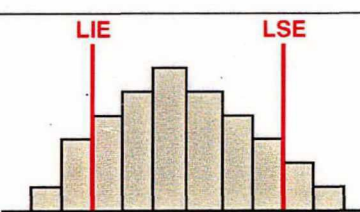
$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}$$

- Especificações Unilaterais (LSE ou LSI)

$$C_{pl} = \frac{\mu - LIE}{3\hat{\sigma}} \quad \text{ou} \quad C_{pu} = \frac{LSE - \mu}{3\hat{\sigma}}$$

- O Quadro 2.10 apresenta um critério de classificação de processos, tomando como referencial a valor de C_P . É mostrado também a proporção de não-conformidades (proporção de itens que não satisfazem as especificações) e um exemplo de histograma típico correspondente a cada um dos critérios. A classificação aqui utilizada para os processos é a mesma do quadro 2.9.

Quadro 2.10: Classificação de Processos a partir do Índice C_p .

CLASSIFICAÇÃO DO PROCESSO	COMPARAÇÃO DO HISTOGRAMA COM AS ESPECIFICAÇÕES	VALOR DE C_p	PROPORÇÃO DE DEFEITUOSOS (p)
VERDE ADEQUADO CAPAZ		$C_p \geq 1,33$	$p \leq 64 ppm$
AMARELO ACEITÁVEL		$1 \leq C_p < 1,33$	$64 ppm < p \leq 0,27\%$
VERMELHO INCAPAZ INADEQUADO		$C_p < 1$	$p > 0,27\%$

Fonte: Werkema (1995, p.280)

ÍNDICE DE DESEMPENHO DO PROCESSO (C_{pk})

Quando se calculou o índice C_p , assumiu-se implicitamente que o processo estava centrado no valor nominal da especificação, se o mesmo não estiver sua capacidade real será menor do que a indicada por C_p . O índice C_{pk} vem corrigir esta distorção, pois leva em consideração o valor da média do processo μ . O C_{pk} pode ser interpretado como uma medida da Capacidade Real do processo.

Este índice pode ser calculado de três formas:

- $C_{pk} = \min \{C_{pu} , C_{pl}\}$ onde:

$$C_{p_u} = \frac{LSE - \overline{\overline{X}}}{3\hat{\sigma}}$$

e

$$C_{p_l} = \frac{\overline{\overline{X}} - LIE}{3\hat{\sigma}}$$

- $C_{Pk} = C_P(1-k)$ onde:

$$k = \frac{|m - \mu|}{\frac{LSE - LIE}{2}} \quad \text{com} \quad m = \frac{LSE + LIE}{2}$$

- $C_{Pk} = Z_{\min} / 3$ onde:

$$Z_{\min} = \min \left\{ \frac{LSE - \bar{\bar{X}}}{\hat{\sigma}}, \frac{\bar{\bar{X}} - LIE}{\hat{\sigma}} \right\}$$

Com a finalidade de monitorar o desempenho dos seus fornecedores, algumas empresas solicitam que o fornecedor informe o Índice de C_{Pk} . É o exemplo da Caterpillar que, não só solicita de seus fornecedores o cálculo deste índices, como também ajuda na sua implantação (Sommer, 2000, p.46).

O Quadro 2.11 apresenta as interpretações possíveis para os índices de C_{Pk} adaptado do modelo de Vieira (1999, p. 158) e da proposta da Caterpillar (Sommer, 2000, p. 48).

A Caterpillar no seu informativo sobre a aplicação do C_{Pk} pelos seus fornecedores, ressalta que o importante é verificar-se a melhoria progressiva nos índices apresentados a cada 3 meses (período recomendado para cada relatório), tendo como meta um C_{Pk} maior ou igual a 1,33.

Quadro 2.11: Interpretação do Índice C_{Pk} .

C_{Pk}	INTERPRETAÇÃO	AÇÕES PERTINENTES	RELAÇÃO DO VALOR NOMINAL E A LINHA CENTRAL DO PROCESSO
$C_{Pk} \geq 2,0$	PROCESSO EXCELENTE Altamente confiável	Os operadores têm perfeito controle do processo	Se $C_p = C_{Pk} \Rightarrow$ Processo centrado Se $C_{Pk} \neq C_p \Rightarrow$ Processo está fora de alvo
$1,33 \leq C_{Pk} \leq 2,0$	PROCESSO CAPAZ Relativamente confiável	Os operadores têm que monitorar para evitar deterioração	
$1,00 \leq C_{Pk} < 1,3$	PROCESSO RELATIVAMENTE INCAPAZ Pouco confiável	Exige dos operadores controle contínuo	$C_{Pk} < C_p$ Processo está fora do alvo, mas está dentro dos limites de Especificação
$0 < C_{Pk} < 1$	PROCESSO INCAPAZ Podemos ter produção defeituosa	Exige dos operadores controle de 100% da produção.	$C_{Pk} < C_p$ A linha central do processo está dentro ou coincidindo com um dos Limites de Especificação (podemos ter 50% de produção acima ou abaixo dos limites Especificação)
$C_{Pk} < 0$	PROCESSO TOTALMENTE INCAPAZ Não tem condições de manter as especificações		$C_{Pk} < C_p$ A linha central do processo está fora dos Limites de Especificação Se $C_{Pk} < -1 \Rightarrow$ Toda a produção está fora dos Limites de Especificação

3. PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO CEP

Ao colocar em prática os conceitos e os métodos de implantação do CEP, é necessário que algumas adaptações se façam, para selecionar a melhor opção.

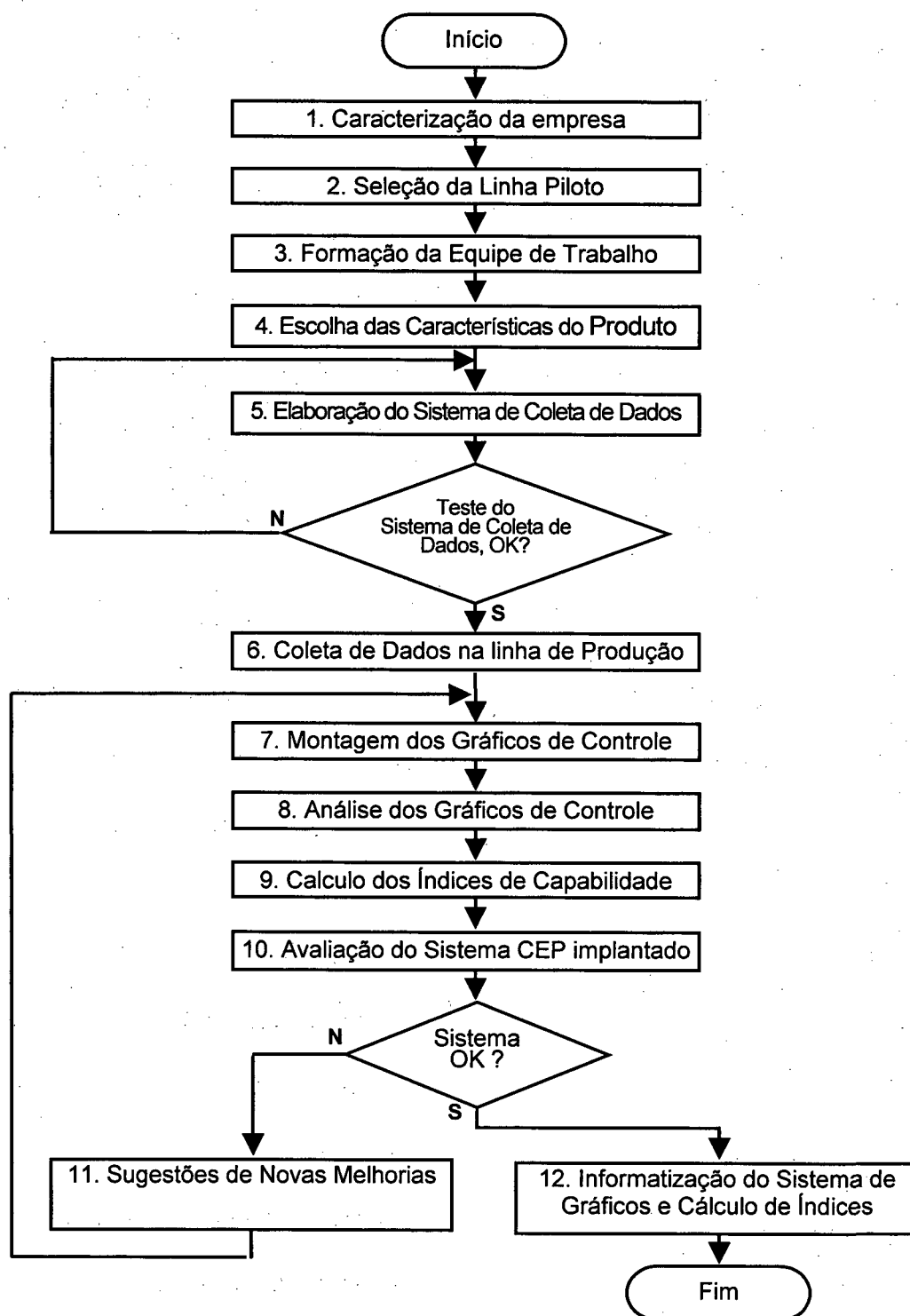
Apesar de se apresentar no capítulo anterior uma metodologia completa para a implantação do CEP, no estudo deste caso, algumas etapas foram supridas em função das particularidades da organização e da simplicidade dos processos produtivos, afinal a adaptação do modelo é essencial, para o sucesso do projeto. Se existisse uma formula para a implantação do CEP, não haveria insucessos.

A metodologia proposta (Figura 3.1) procura se adequar às especificações da empresa, aproveitando ao máximo a cultura da mesma, de forma a diminuir o tempo da implantação do CEP e facilitar depois a sua manutenção.

O fluxograma da Figura 3.1, apresenta a metodologia proposta dividida em 12 etapas, explicadas a seguir:

1. Caracterização da Empresa : apresentação da empresa objeto de estudo, com destaque para o ramo de atividade, localização e sistema produtivo. Se possível mostrar o fluxograma macro das operações produtivas da empresa.

Figura 3.1: Fluxograma esquemático da metodologia proposta



2. Seleção da Linha Piloto: definir o local (linha de produção) onde será testado o modelo de implantação do CEP. Na justificativa da escolha do local, mostrar o que este setor representa no universo operacional da empresa, e o maior número de informações sobre o mesmo (Ex. índices de produção, rejeição, retrabalhos, etc).
3. Formação da equipe de trabalho: selecionar quais os funcionários serão envolvidos no projeto de implantação. Apresentação do sistema de distribuição da mão de obra do setor (ex. funções, número de funcionários, número de turnos, grau de instrução, etc). Definir o programa de treinamento dos funcionários selecionados.
4. Escolha das Características da Qualidade do Produto: Definir com o Departamento Técnico e da Qualidade da empresa quais as Características da Qualidade mais críticas do produto, do ponto de vista empresa e consumidor (interno e externo). O uso de ferramentas da Qualidade tais como diagrama de Pareto, Fluxogramas, Diagrama de Ishikawa, podem ajudar a identificar e justificar a seleção destas características. Selecionadas as características da Qualidade que serão monitoradas, elaborar a planilha da Qualidade com todas as especificações técnicas das mesmas.
5. Elaborar o sistema de Coleta de Dados: Definir o modelo de coleta de dados, se será informatizado ou se utilizará o sistema de Folhas de Verificação. Antes da definição de qualquer modelo é importante que se avalie os atuais sistemas de coleta de informações da linha de produção,

aos quais os funcionários já estão acostumados. Verificar se os equipamentos que serão utilizados nas medições são compatíveis com o nível de qualidade exigida nas especificações (grandeza de medição).

6. Coleta de Dados: é importante que antes de se iniciar a coleta, se façam algumas simulações para testar os formulários e para treinamento dos usuários.

7. Montagem dos Gráficos de Controle: Definição dos tipos de gráficos de controle que serão usados, de acordo com o tipo de dados coletados e sua frequência. O sistema escolhido para a elaboração dos gráficos (informatizado ou manual), deverá ser testado junto aos operadores de forma que a sua aplicação seja simples e prática.

8. Análise dos Gráficos de Controle: interpretação das informações obtidas nos gráficos elaborados com os dados coletados. A análise deverá estar fundamentada no referencial teórico apresentado no item 2.6.1 do capítulo 2.

9. Cálculo dos Índices de Capabilidade: Além do cálculo destes índices numéricos, também é feita nesta fase uma análise gráfica da capacidade do processo com a interpretação do Histograma montado com os dados coletados. Esta etapa somente será executada na avaliação da característica da Qualidade cujo processo poder ser considerado sob controle estatístico. O Capítulo 2 no item 2.7 apresenta as fórmulas para cálculos dos índices e os critérios de avaliação da Capabilidade do Processo .

10. Avaliação do Sistema CEP implantado: Durante a implantação do CEP devem sempre ser testados os conceitos estatísticos aplicados e a sua interação com o sistema de produção em estudo. É importante que se possa ter um referencial de controle de melhoria que possa ser medido para a avaliação antes, durante e depois da implantação.
11. Sugestões de Nova Melhorias: Caso o sistema implantado não seja aprovado, deve-se procurar identificar quais as causas fundamentais do insucesso e propor soluções que venham a melhorar o sistema.
12. Informatização do Sistema de Gráficos e Cálculo de Índices: A informatização desta etapa que envolve gráficos e cálculos numéricos, facilitará não só a utilização do sistema por parte dos operadores, como também tornará mais rápida a análise dos dados coletados. Além dos programas de informática específicos para aplicação do CEP (Ex. InfoCep), o sistema também poderá ser desenvolvido com aplicativos de planilhas eletrônicas (Ex. Excel®).

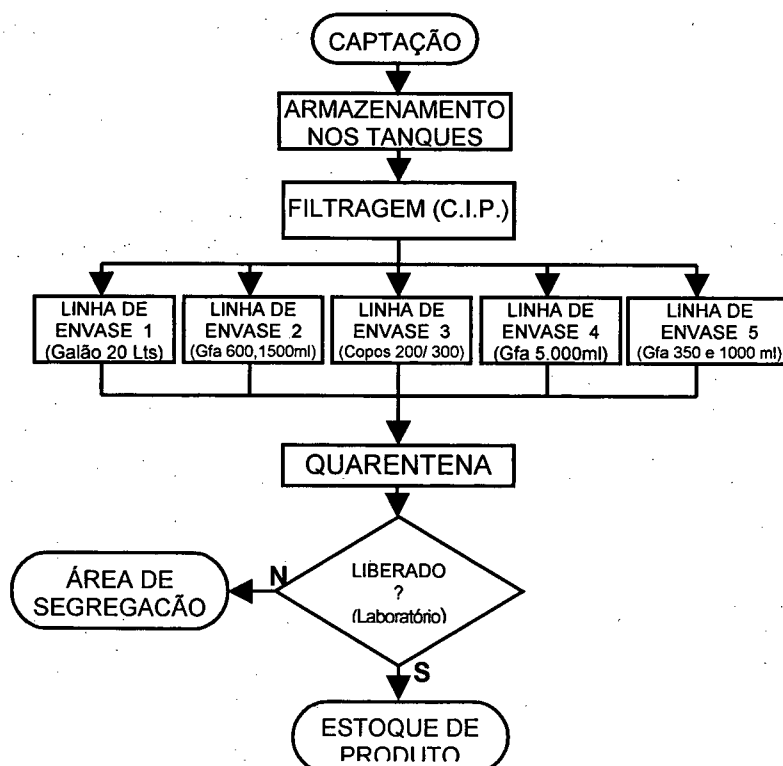
4. APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

4.1 - Caracterização da Área de Estudo

A empresa objeto do estudo fica situada no Noroeste do Paraná, atua no ramo de Mineração de Água, captação e envase. O parque industrial está instalado em uma área de 87.843 m², sendo 6.380 m² de área construída. Possui 60 funcionários, dos quais 50 locados no setor produtivo, trabalhando em regime de 2 turnos. O seu principal mercado é o de água em embalagem descartável seguido da embalagem retornável. A empresa está em fase de implantação do seu programa de Qualidade Total, iniciado em Outubro de 2000.

Para melhor compreensão do sistema operacional, a Figura 4.1 mostra o fluxograma do sistema desde a captação da água mineral até o estoque do produto pronto para a comercialização.

Figura 4.1 Fluxograma macro do sistema operacional da empresa em estudo.



A água captada a 80 metros de profundidade é conduzida através de uma tubulação em aço inoxidável até dois reservatórios do mesmo material (tanques pulmões). Dos reservatórios a água é distribuída para as linhas de envase, passando por uma central de monitoramento denominada CIP (Central Integrada de Profilaxia) onde existe um sistema de filtragem. Das linhas de envase o produto acabado (PA) vai para a Quarentena onde fica aguardando a liberação dos laudos da análise micro-biológica, para somente depois ser removido para o Estoque de Produtos Acabados, onde fica à disposição da Expedição.

4.2 - Seleção da Linha Piloto

A fim de facilitar a compreensão, treinamento e implantação do CEP na indústria, decidiu-se selecionar uma das linhas de envase para servir de exemplo e referencial. Face ao pouco histórico do processo produtivo, houve a necessidade de montar um sistema de controle de produção com a finalidade de coletar dados da mesma, para melhor se poder identificar a linha onde seria feita a implantação do CEP.

O programa criado pelo autor e desenvolvido em ambiente Excel, coletou informações da produção, tais como volume de horas por linha e produto, volume de produção de cada produto, paradas da linha, valor monetário a preço de custo industrial e produtividade. Para facilitar a coleta de dados o programa dispunha de um formulário informatizado (anexo 8.1). Foram coletados os dados de 4 meses de produção de todas as linhas de envase. A Tabela 4.1 apresenta o resultado do levantamento realizado, onde o objetivo

era determinar qual a principal linha de envase, do ponto de vista horas trabalhadas, volume de embalagens e custo de produção.

Tabela 4.1: Análise da linha de envase (horas trabalhadas, volume e custo industrial)

	HORAS TRABALHADAS		PRODUÇÃO (Cx / pcte)		CUSTO INDUSTRIAL	
	Quantidade	%	Quantidade	%	R\$	%
Linha 1	670	19,04	206.893	23,99	55.735	3,97
Linha 2	1.160	32,97	404.114	46,87	799.894	56,98
Linha 3	687	19,53	61.194	7,10	158.831	11,31
Linha 4	560	15,91	95.832	11,11	161.967	11,54
Linha 5	442	12,55	94.234	10,93	227.450	16,20
TOTAL	3.519	100,00	862.267	100,00	1.403.878	100,00

Evidencia-se na Tabela 4.1, que a linha de envase 2 é destacadamente a mais importante do ponto de vista de volume de serviço, produção e faturamento, sendo que em todos os parâmetros fica bem acima do segundo lugar. Esta linha trabalha com 4 tipos de produtos: garrafa de PP com 510ml, garrafa de PET com 600ml, garrafa de PP com 1.500 ml e garrafa de PET com 1.500 ml, todos do tipo descartável.

A Tabela 4.2 permite conhecer algumas informações de produtividade da linha 2. As informações foram extraídas do mesmo programa de coleta de dados da produção e se referem ao mesmo período.

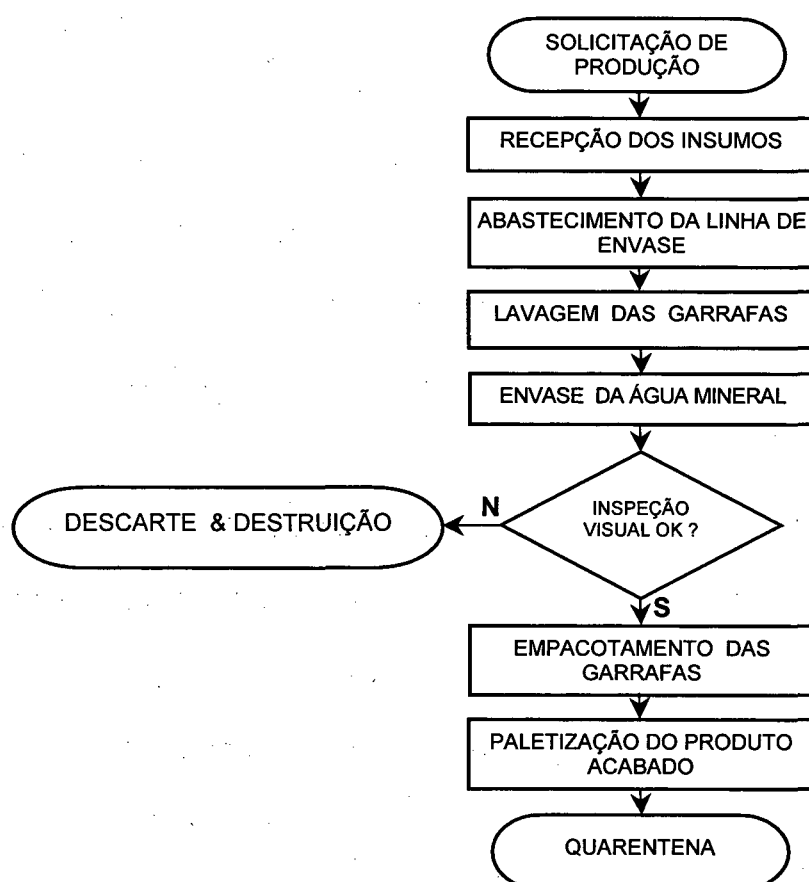
Tabela 4.2: Produtividade da linha de envase 2

	HORAS TRABALHADAS		PRODUTIVIDADE
	Quantidade	%	
Garrafa PP - 510 ml	162	13,98	38,16%
Garrafa PET - 600 ml	532	45,86	53,95%
Garrafa PP - 1.500 ml	96	8,30	43,66%
Garrafa PET - 1.500 ml	370	31,87	44,44%
TOTAL / MÉDIA	1.160	100,00	47,86%

A baixa produtividade desta linha foi mais um fator a favor da sua escolha, pois qualquer melhoria que possa ser obtida neste trabalho terá um peso grande no resultado de toda a indústria, facilitando a aceitação do sistema proposto e a conseqüente implantação nas demais linhas.

A Figura 4.2 mostra o fluxograma do processo de envase antes de ser iniciado o presente estudo. Pode-se evidenciar que não existia qualquer tipo de controle de processo, sendo que a preocupação da empresa era apenas com a qualidade da água, ignorando o sistema produtivo.

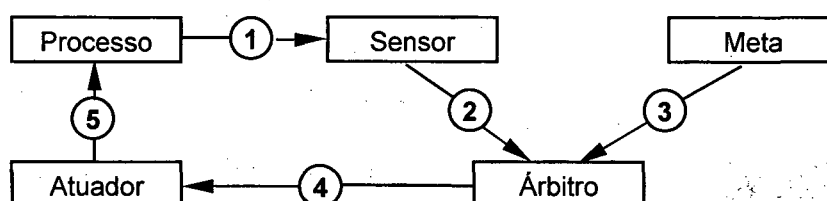
Figura 4.2: Fluxograma antigo da linha de envase de embalagens descartáveis



Segundo Juran (1993, p. 245) o fluxograma é um ponto de partida lógico para o replanejamento da qualidade de um processo. É também de Juran

(1993, p.155) a observação de que a alça de feedback, mostrada na figura 4.3, é de extrema importância para todo o controle de micro-processo, mas à sua implantação deve preceder um bom planejamento para fornecer às forças operacionais os meios de aplicá-la em situações específicas de controle.

Figura 4.3: A alça de feedback .



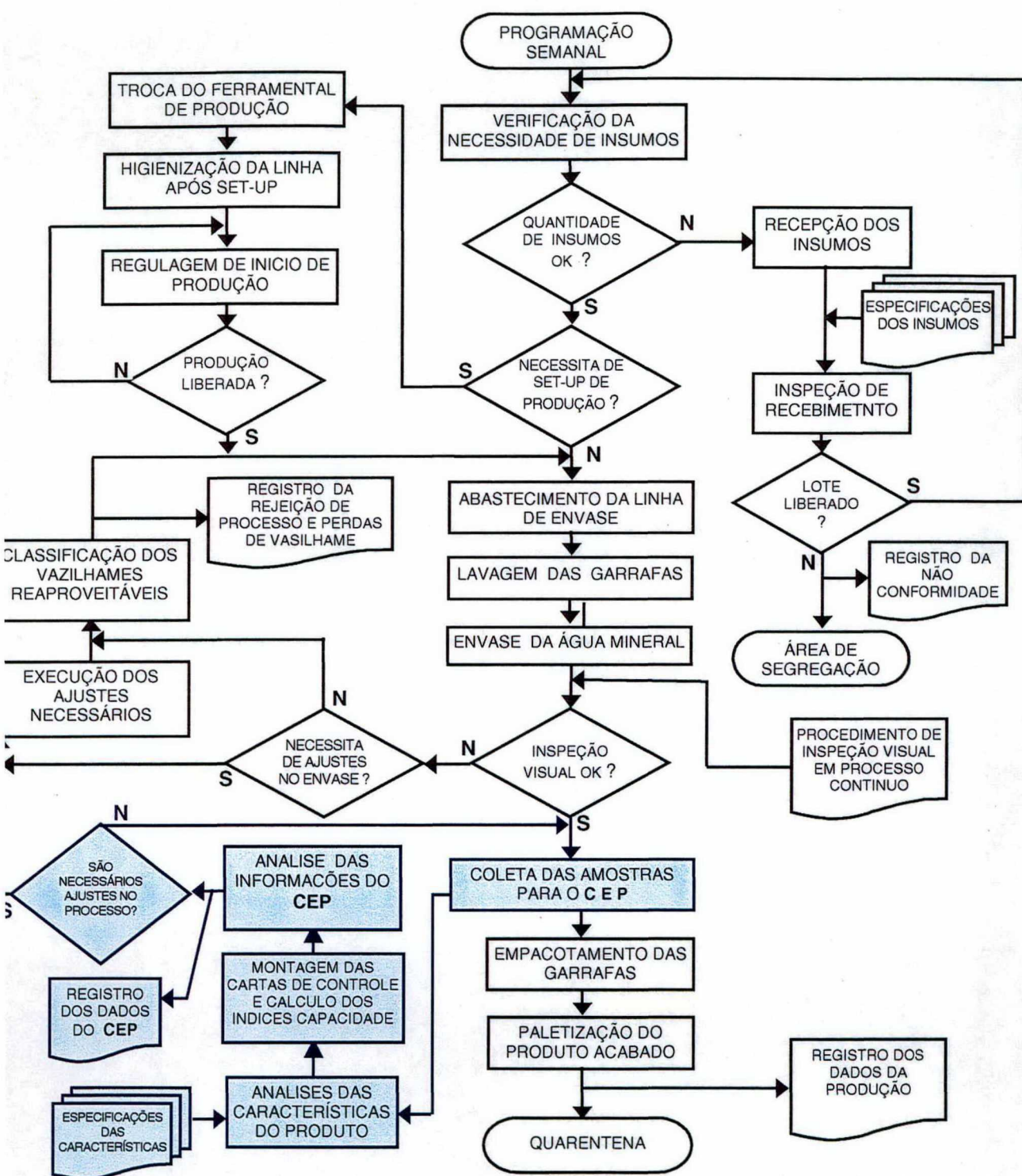
Fonte: Juran (1993, p.150).

Dentro deste princípio de Juran, formulou-se uma nova proposta de fluxograma (Figura 3.5), onde foram inseridas alças de feedback referentes ao monitoramento do processo de envase e da recepção de insumos. Este último, apesar de não fazer parte deste estudo vem somar ao sistema de Controle de Qualidade da indústria. A inspeção de recebimento de insumos foi implantada em face de problemas detectados nas embalagens novas sobretudo no que diz respeito ao peso das embalagens.

Para o cálculo do volume é importante que as embalagens tenham os seus pesos dentro da especificação contratada com o fornecedor (Quadro 4.2).

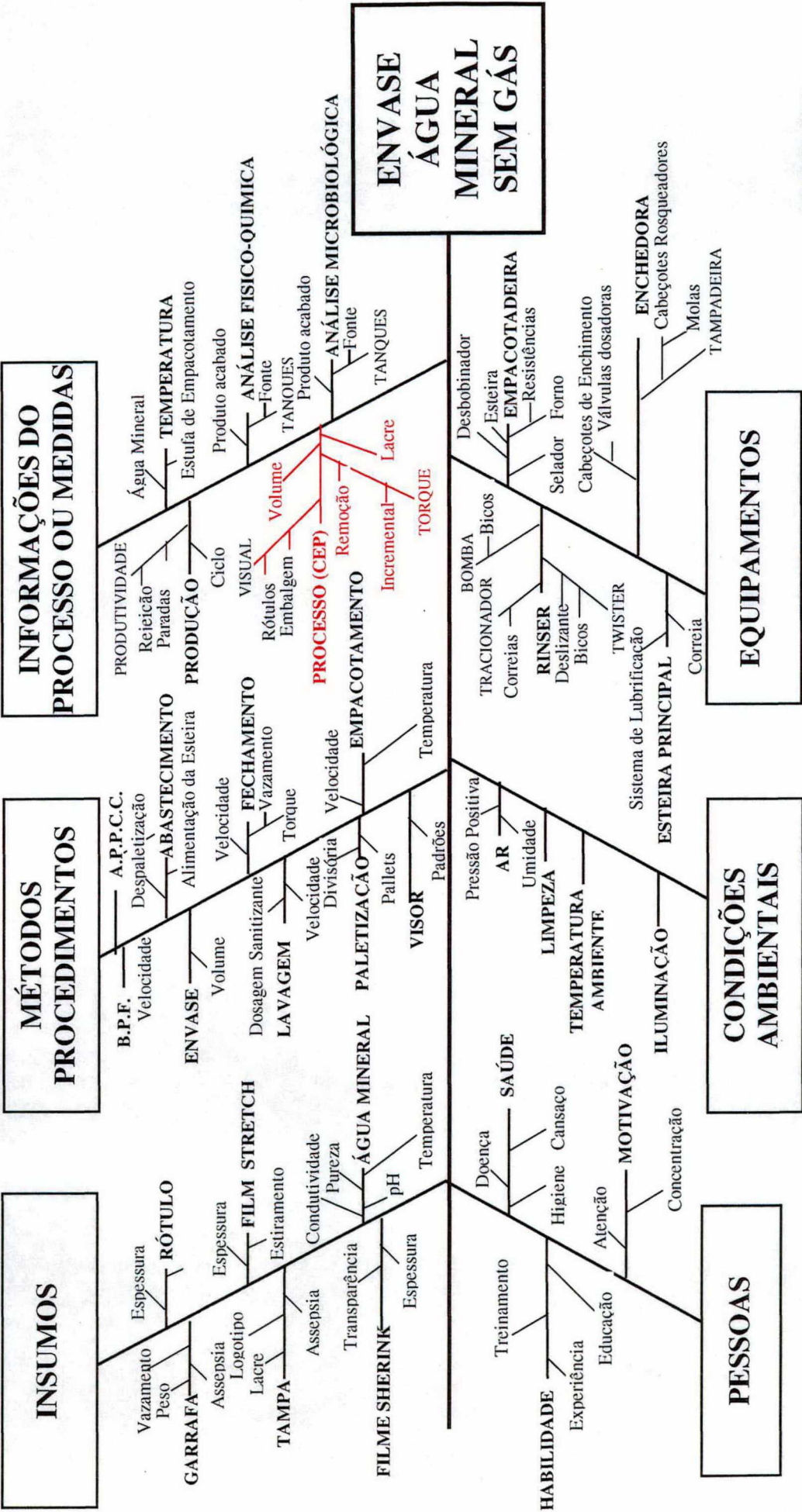
A fim de melhor caracterizar processo de envase, foi elaborado um Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) Figura 4.5, onde foram identificados todos os conjuntos de fatores de causas de variabilidade. Este Diagrama servirá de base para identificar as causas especiais de variabilidade durante a implantação do CEP na linha.

Figura 4.4 Fluxograma proposto para a linha de envase (descartáveis)



As Figuras 4.4 e 4.5 representam em colorido o micro-processo do sistema do CEP implantado na linha de envase de embalagens descartáveis.

Figura 4.5: Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) para o envase de água mineral sem gás



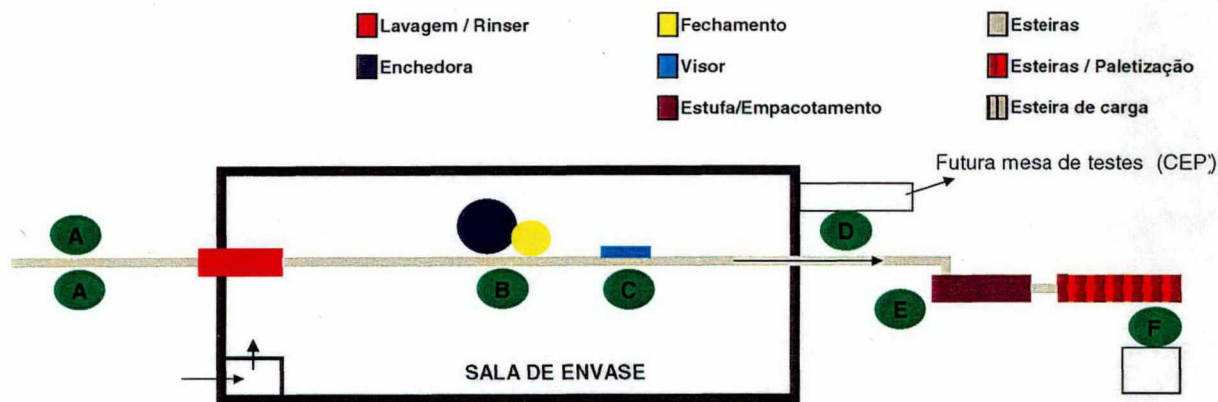
PRODUTO
CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE

PROCESSO – FATORES DE CAUSA

4.3 - Formação da Equipe de Trabalho

A figura 4.6 nos mostra a distribuição das máquinas e funcionários na linha de envase 2. O Quadro 4.1 referencia as funções de cada funcionário dentro do processo de envase, facilitando a sua localização dentro da linha.

Figura 4.6: Distribuição das máquinas e funcionários na Linha de Envase 2.



Quadro 4.1: Classificação das funções dos funcionários da Linha de Envase 2.

CÓDIGO	N.º FUNC.	DESCRIÇÃO DA FUNÇÃO
A	2	Abastecimento da linha com garrafas
B	1	Operador de Enchedora
C	1	Inspeção visual do conteúdo e tampa
D	1	Monitoramento do processo e apoio na logística de abastecimento
E	1	Operador da empacotadeira
F	1	Paletização e remoção para a quarentena

Para a coleta de dados e monitoramento do processo com base nas informações dos Índices e Gráficos de controle, foram selecionadas duas pessoas, uma de cada turno de trabalho. O perfil destas pessoas é muito semelhante aos demais membros da equipe, conhecimento de todas as etapas do pro-

cesso, com mais de 12 meses de experiência trabalhando na produção, 2º grau completo e sem conhecimento de informática. Na Figura 4.6 a localização destes funcionários é mostrada pela letra “D”. Além de ficarem responsáveis pela coleta de dados do CEP e seu monitoramento, ainda ajudam a linha nas funções que demandam deslocamento para fora do local de envase tal como a retirada de insumos do estoque de acordo com a necessidade da produção.

Antes de iniciar a fase de coleta de dados, foi feito um treinamento com os dois funcionários, onde foi exposto todo o trabalho de implantação do sistema, as características dos produtos a serem monitoradas e o sistema informatizado de coleta de dados. Foram ainda ministradas aulas de informática mais especificamente sobre sistema operacional Windows® e Excel®.

É importante ressaltar que existe um rodízio, mensal e programado, de todos os funcionários por todas as funções, cada funcionário é treinado e trabalha algum tempo em cada uma das funções da Linha de Envase. Para a implantação do CEP, e em caráter provisório, os dois funcionários (um de cada turno) da função “D” não farão rodízio até ao final da implantação, mas depois do treinamento, nas mesmas técnicas, dos demais operadores, o rodízio voltará ao normal.

4.4 - Escolha das Características de Qualidade do Produto

Para identificar as características da qualidade do produto a serem monitoradas pelo CEP foi tomado como base as reclamações dos clientes externos (RCE) no ano de 2000 (Anexo 8.2). No RCE, além da identificação do cliente com o endereço e telefone, são ainda registrados, a data e hora da

reclamação, descrição da reclamação, quem recebeu a reclamação e para os casos de produto acabado o tipo de embalagem, lote de fabricação e local de aquisição.

Tabela 4.3 Reclamação de clientes externos.

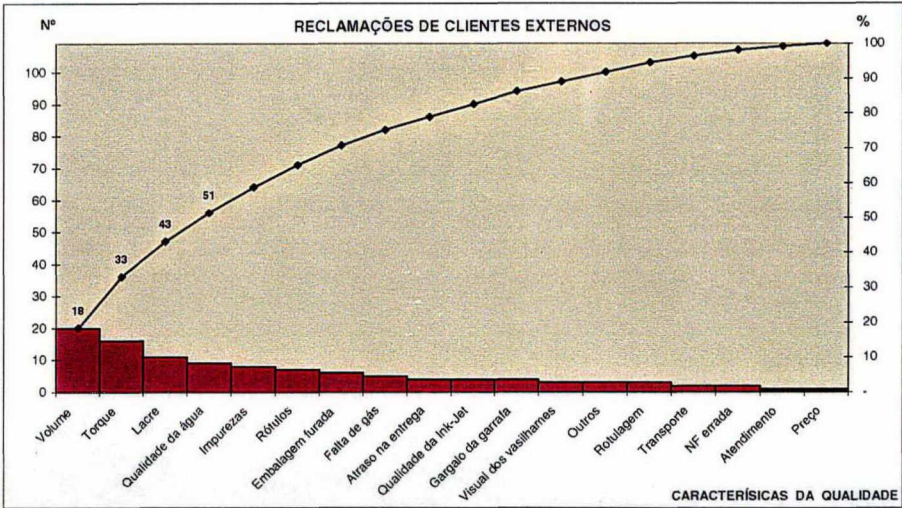
TIPO DE RECLAMAÇÃO	Nº RECLAMAÇÕES	%
Volume	20	18,35
Torque	16	14,68
Lacre	11	10,09
Qualidade da água	9	8,26
Impurezas	8	7,34
Rótulos	7	6,42
Embalagem furada	6	5,50
Falta de gás	5	4,59
Atraso na entrega	4	3,67
Qualidade da Ink-Jet	4	3,67
Gargalo da garrafa	4	3,67
Visual dos vasilhames	3	2,75
Outros	3	2,75
Rotulagem	3	2,75
Transporte	2	1,83
NF errada	2	1,83
Atendimento	1	0,92
Preço	1	0,92
TOTAL	109	100,00

Para estratificar estas informações foi elaborada uma planilha em forma de banco de dados, cuja entrada dos mesmos foi feita através de um formulário informatizado, criado pelo autor. Para ampliar este levantamento e possibilitar o cruzamento de um maior número de variáveis, foram acrescentadas ao formulário as variáveis resultantes de uma classificação do tipo de processo, tipo de cliente, característica da qualidade e quando se tratava de produto acabado, o tipo de processo e linha inerentes a este. As variáveis foram codificadas para facilitar a entrada de dados e minimizar os erros de lançamento e facilitar o cruzamento das mesmas (Anexo 8.3).

Nesta fase do trabalho será utilizado uma das ferramentas da Estatística mais usada em análise de melhoramento de processos, o *Diagrama de Pareto*. Este gráfico de barras além de exibir a característica mais relevante, mostra a contribuição de cada uma em relação ao total. Ele permite separar *as poucas mas vitais* das *muitas mas triviais* . Segundo Kume (1993, p.22) deve-se concentrar em identificar e eliminar as causas das *poucas mas vitais* , deixando de lado, numa primeira fase as demais que são *muitas e triviais*.

Na figura 4.7 pode-se observar a aplicação do Diagrama de Pareto às características identificadas no banco de dados, independentemente do tipo de linha de envase.

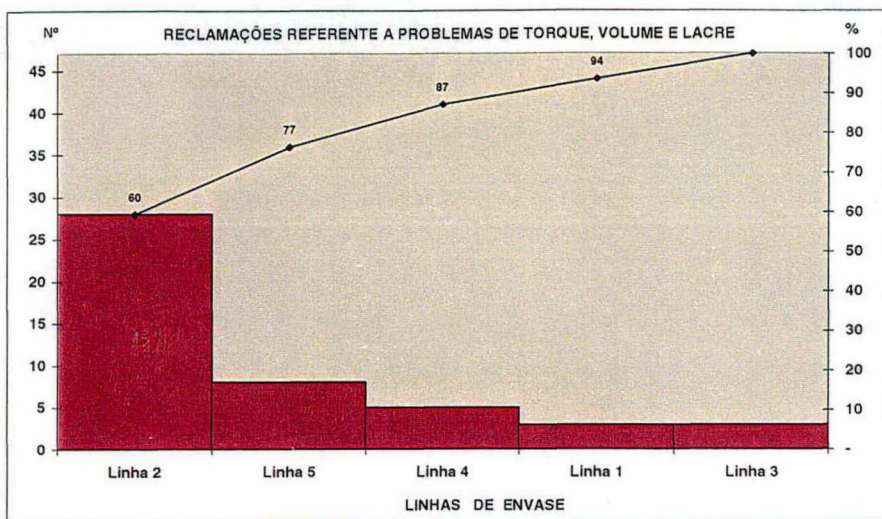
Figura 4.7: Diagrama de Pareto para as Reclamações de Clientes Externos.



Como se pôde observar, as quatro primeiras características são responsáveis por mais de 50% das reclamações. Reunindo apenas as três primeiras, que têm relação direta com o processo de envase, estas representarão um total de 43,12% das reclamações. Na Figura 4.8 verifica-se a incidência das 3 primeiras características focalizando a distribuição destas mesmas nas cinco

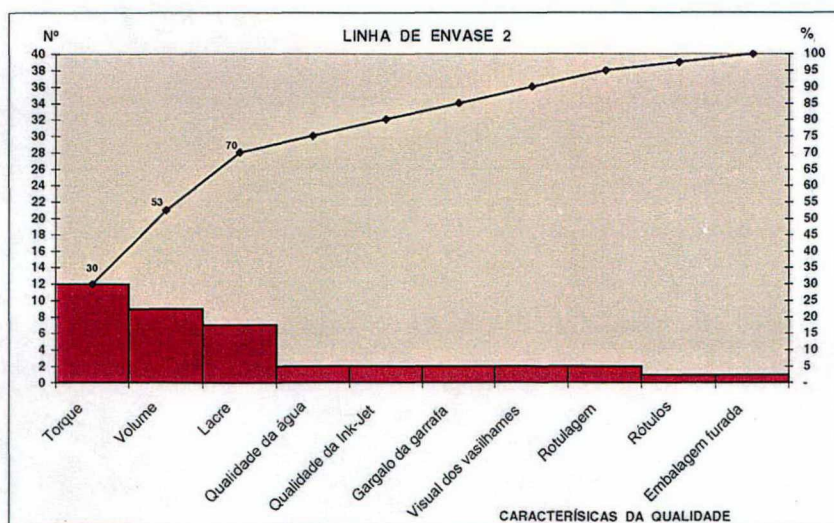
linhas de envase. Já na Figura 4.9, a explosão da linha 2 mostra a distribuição das reclamações exclusivas desta linha.

Figura 4.8: Diagrama de Pareto para as reclamações de Torque, Volume e Lacre.



Os resultados dos gráficos das Figuras 4.7 e 4.8 vêm reforçar a escolha da linha 2 para a implantação do CEP. Afinal, ela é responsável por 59,57% das principais reclamações do Volume, Torque e Lacre, representando 25,7% do total de reclamações, ou seja, se conseguir controlar estas características e acabar com este tipo de reclamação, a empresa estará conseguindo diminuir os seus custos da má qualidade e, sobretudo, diminuir a insatisfação dos seus clientes externos.

Figura 4.9: Diagrama de Pareto para as reclamações da Linha 2.



Segundo Campos (1992, p.15) deve-se procurar prevenir a origem de problemas cada vez mais a montante, não permitindo a venda de produtos defeituosos. Ele diz ainda que se deve identificar os problemas mais críticos e solucioná-los pela mais alta prioridade, mas sempre raciocinar e decidir com base em dados concretos.

Conforme visto no Capítulo 2 as características selecionadas se dividem em duas classes de dados: Variáveis e Atributos. O Volume e o Torque se enquadram no primeiro pois podem ser medidos (balança e torquímetro), já o Lacre será enquadrado no segundo pois só pode ser classificado em rompeu ou não o lacre, não existe lacre parcialmente violado. Ainda sobre este último, o teste (do tipo destrutivo) é realizado manualmente, simulando a operação sendo executada pelo consumidor ao abrir a garrafa. Esta classificação é muito importante para a definição dos gráficos de controle, já que eles diferem de acordo com o tipo de dado.

Escolhidas as Características da Qualidade do produto que deverão ser controladas pelo CEP, montou-se uma planilha de controle da qualidade (Quadro 4.2), com todas as informações referentes às variáveis e atributos selecionados, que ajudaram inclusive no treinamento dos funcionários responsáveis pela coleta dos dados e monitoramento do processo.

Quadro 4.2: Planilha de Controle de Qualidade

Assunto de Controle	PRODUTO	Unidade de Medida	Tipo de Sensor	Limites de Especificação		Frequência da Medição	Tamanho da Amostra
				Ti	CAX		
VOLUME	Garrafa de 510ml PP	Gramas	Balança	532± 15	$\overline{X} \geq (532-0,640S)$	Cada 2 horas	24
	Garrafa de 600ml PET	Gramas	Balança	618±17	$\overline{X} \geq (618-0,640S)$	Cada 2 horas	24
	Garrafa de 1.500ml PP	Gramas	Balança	1547±23	$\overline{X} \geq (1547-0,640S)$	Cada 2 horas	24
	Garrafa de 1.500ml PET	Gramas	Balança	1537±23	$\overline{X} \geq (1537-0,640S)$	Cada 2 horas	24
TORQUE DE REMOÇÃO	Todos	lb./In	Torquímetro	10 ± 4		Cada 2 horas	24
TORQUE INCREMENTAL	Todos	lb./In	Torquímetro	13,5 ± 5,5		Cada 2 horas	24
LACRE	Embalagens de PET	Nº defeitos	Operação de abertura da garrafa	≤ 2% de defeitos		24 itens a cada 2 h. durante o turno	Variável 24 a 96
	Embalagens de PP	Nº defeitos	Operação de abertura da garrafa	≤ 5% de defeitos		24 itens a cada 2 h. durante o turno	Variável 24 a 96

\overline{X} = Média da amostra S = Desvio padrão da Amostra lb/In = Libras / Polegada

O Limite Infeior de Especificação (LIE) para o volume foi estabelecidos com base na Norma NIE-DIMEL-026 do Inmetro (1998) que fixa os procedimentos para a execução dos exames de verificação quantitativa em produtos pré-medidos comercializados em unidade de volume e conteúdos nominais iguais. Ela estabelece valores para Tolerância Individual (Ti) e critérios de Aceitação para a Média (CAX) . O Limite Superior de Especificação (LSE) foi estabelecido pelo departamento técnico da empresa.

Para facilitar a coleta e cálculos do volume, foi levado em conta no cálculo dos Limites de Especificação o peso da embalagem e a massa específica da água, assim, ao comparar o peso das amostras com os Limites de Especificação não é mais necessário fazer cálculos para saber o volume exato

da embalagem, ou seja, o peso das embalagens foi incorporado ao peso da água. Desta forma facilitará não só a coleta de dados como também a análise de desvios do processo.

Para o Torque foram utilizadas as especificações das indústrias de tampas para bebidas com gás e sem gás e adotado por todos os fabricantes de bebidas, conforme manual da AlcoaHC (1994, p. 12).

Para o Rompimento dos Lacres foi estabelecido, pela própria indústria, critérios diferenciados para as embalagens de polietileno tereftalato (PET) e para as embalagens de polipropileno (PP). O limite tolerável de defeitos para embalagens de PP é maior devido ao seu processo de fabricação e da própria resistência da embalagem às variações de temperatura.

4.5 – Elaboração do Sistema de Coleta de Dados

Para a coleta de dados foi desenvolvido um formulário informatizado, que além de tornar mais rápido o registro da coleta, torna-a mais confiável. O sistema prevê algumas rotinas de segurança com avisos coloridos para valores lançados fora dos limites e esquecimentos de lançamento de algum dado de uma amostra, cálculo automático de médias, desvio padrão e alguns índices estatísticos, e sobretudo o armazenamento num banco de dados do próprio programa. Este servirá de base para as fases seguintes de montagem dos gráficos de controle e índices de capacidade.

O sistema de coleta informatizado criado pelo autor, foi desenvolvido em cima da plataforma do programa Excel[®], usando as suas ferramentas gráficas, banco de dados, sistema de rotinas em Visual Basic e conjuntos de fórmulas estatísticas.

A Figura 4.10 apresenta a tela inicial do programa de coleta de dados. Ao clicar no botão *Iniciar* ele formata a tela de forma a exibir a *Tela Inteira* e leva diretamente para a tela de acesso aos formulários de entrada de dados (Figura 4.11).

Figura 4.10: Tela de abertura do programa de Coleta de Dados.

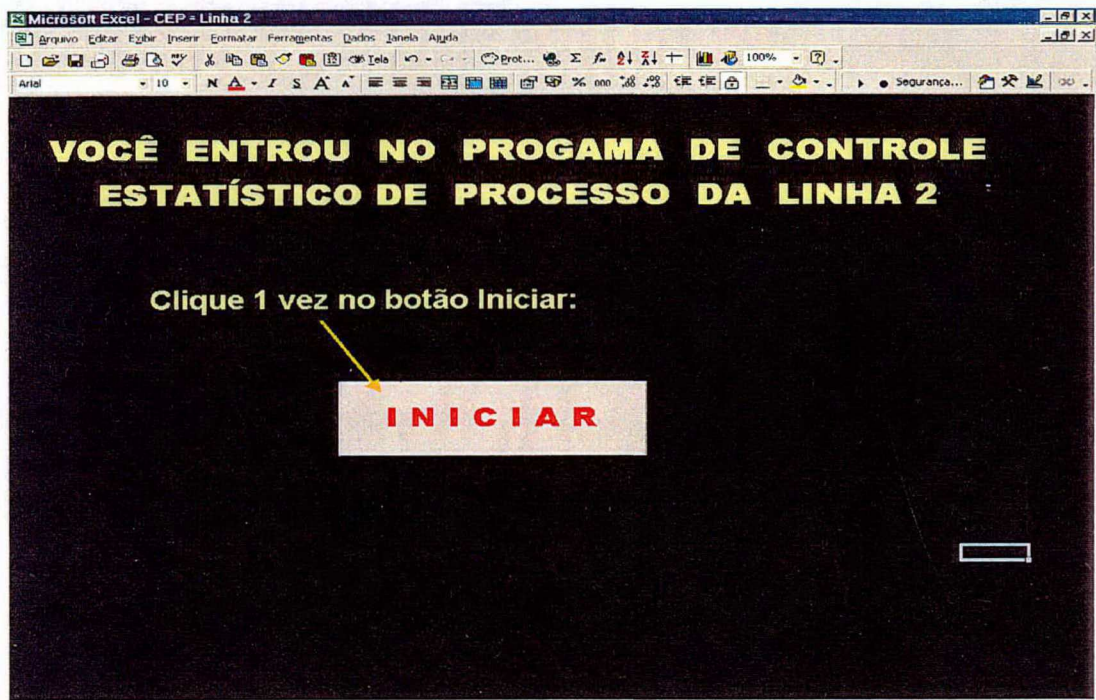


Figura 4.10: Tela de abertura do programa de Coleta de Dados.



O sistema de alerta de valores coletados fora das especificações podem ser observados nos valores assinalados e realçados a vermelho (abaixo do limite de especificação inferior) e azul (acima do limite de especificação superior), com a finalidade de identificar erros de digitação. O programa executa alguns cálculos automáticos mostrados nos quadros verdes, a média, desvio padrão, o máximo e mínimo valor de cada amostragem. O formulário tem ainda um conjunto de botões que permitem não só navegar no programa como também armazenar as informações no Banco de Dados, montando arquivos por amostragem e por turno, considerando os valores de todas as amostras, com os respectivos cálculos estatísticos.

Voltando à tela de acesso dos formulários (Figura 4.10) e clicando num dos botões dos formulários 3 e 4 -Torque acessa-se a tela do formulário da variável Torque, Figura 4.12.

Figura 4.12: Tela do formulário da Variável Torque.

FORMULÁRIO DE ENTRADA DE DADOS DA VARIÁVEL - TORQUE

CODIGO: 4 Garrafa 600 ml PET
TIPO: 600s/g **LINHA:** 2
DATA: 12/04/01 **TURNO:** 1
LOTE: 057

REMOÇÃO INCREMENTAL
LIMITE SUPERIOR: 14 19
NOMINAL: 10 13,5
LIMITE INFERIOR: 06 08

RESULTADOS GERAIS DO LOTE
 CAB X σ n n>LSE n<LIE
 01 14,2 ±2,2 8 1 2
 02 13,5 ±2,1 8 1 3
 03 13,5 ±3,0 8
 04 13,4 ±1,8 8
 05 14,4 ±2,0 8
 06 13,0 ±4,3 8 1 2
 13,7 ±3,1 48 2 2

INCREMENTAL
 01 14,2 ±2,2 8 1
 02 13,5 ±2,1 8 1
 03 13,5 ±3,0 8
 04 13,4 ±1,8 8
 05 14,4 ±2,0 8
 06 13,0 ±4,3 8 1 2
 13,7 ±3,1 48 2 2

1ª AMOSTRAGEM Hora: 08:30
 REM INC
 1 → Cab1 08 15
 2 → Cab2 09 16
 3 → Cab3 10 11
 4 → Cab4 11 12
 5 → Cab5 06 13
 6 → Cab6 15 15
 7 → Cab1 09 15
 8 → Cab2 09 14
 9 → Cab3 07 18
 10 → Cab4 07 17
 11 → Cab5 05 18
 12 → Cab6 14 20
 13 → Cab1 04 21
 14 → Cab2 09 15
 15 → Cab3 07 14
 16 → Cab4 10 13
 17 → Cab5 05 12
 18 → Cab6 11 07
 19 → Cab1 09 09
 20 → Cab2 08 10
 21 → Cab3 10 11
 22 → Cab4 11 13
 23 → Cab5 06 15
 24 → Cab6 11 14

2ª AMOSTRAGEM Hora: 10:35
 REM INC
 1 → Cab1 08 11
 2 → Cab2 07 12
 3 → Cab3 07 13
 4 → Cab4 07 15
 5 → Cab5 09 15
 6 → Cab6 10 14
 7 → Cab1 11 18
 8 → Cab2 11 17
 9 → Cab3 13 18
 10 → Cab4 15 13
 11 → Cab5 08 12
 12 → Cab6 07 07
 13 → Cab1 09 09
 14 → Cab2 09 10
 15 → Cab3 07 11
 16 → Cab4 07 13
 17 → Cab5 05 15
 18 → Cab6 14 14
 19 → Cab1 04 16
 20 → Cab2 09 17
 21 → Cab3 07 12
 22 → Cab4 10 11
 23 → Cab5 10 15
 24 → Cab6 11 13

3ª AMOSTRAGEM Hora:
 REM INC
 1 → Cab1
 2 → Cab2
 3 → Cab3
 4 → Cab4
 5 → Cab5
 6 → Cab6
 7 → Cab1
 8 → Cab2
 9 → Cab3
 10 → Cab4
 11 → Cab5
 12 → Cab6
 13 → Cab1
 14 → Cab2
 15 → Cab3
 16 → Cab4
 17 → Cab5
 18 → Cab6
 19 → Cab1
 20 → Cab2
 21 → Cab3
 22 → Cab4
 23 → Cab5
 24 → Cab6

4ª AMOSTRAGEM Hora:
 REM INC
 1 → Cab1
 2 → Cab2
 3 → Cab3
 4 → Cab4
 5 → Cab5
 6 → Cab6
 7 → Cab1
 8 → Cab2
 9 → Cab3
 10 → Cab4
 11 → Cab5
 12 → Cab6
 13 → Cab1
 14 → Cab2
 15 → Cab3
 16 → Cab4
 17 → Cab5
 18 → Cab6
 19 → Cab1
 20 → Cab2
 21 → Cab3
 22 → Cab4
 23 → Cab5
 24 → Cab6

5ª AMOSTRAGEM Hora:
 REM INC
 1 → Cab1
 2 → Cab2
 3 → Cab3
 4 → Cab4
 5 → Cab5
 6 → Cab6
 7 → Cab1
 8 → Cab2
 9 → Cab3
 10 → Cab4
 11 → Cab5
 12 → Cab6
 13 → Cab1
 14 → Cab2
 15 → Cab3
 16 → Cab4
 17 → Cab5
 18 → Cab6
 19 → Cab1
 20 → Cab2
 21 → Cab3
 22 → Cab4
 23 → Cab5
 24 → Cab6

RESULTADO
OBSERVAÇÕES

GRÁFICO-R
GRÁFICO-I

VOLTAR **LIMPAR** **IMPRIMIR** **ARMAZENAR**

Na tela da Figura 4.12 verifica-se que existem dois tipos de torque, o de remoção e o incremental. Como existem seis cabeçotes de fechamento o formulário permite anotar cada uma das amostragens com os valores de cada cabeçote e faz todos os cálculos de média e desvio padrão para cada tipo de torque, cabeçote. Os valores das médias individuais dos cabeçotes e as médias gerais de cada amostragem e do turno são armazenados em banco de dados independentes, facilitando a extração das informações para a montagem dos gráficos de controle. Da mesma forma que do formulário anterior, um sistema de alerta com cores avisa o digitador sobre os valores acima do LSE e abaixo do LIE.

Voltando à tela de acesso dos formulários (Figura 4.10) e clicando num dos botões dos formulários 5 e 6 - *Lacre* acessa-se a última tela de formulário, a do atributo Lacre, Figura 4.13.

Figura 4.12: Tela do formulário da Variável Torque.

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

FORMULÁRIO DE ENTRADA DE DADOS DO ATRIBUTO - ROMPIMENTO DE LACRE

CODIGO: 4 Garrafa 600 ml PET TIPO: 600s/g _INHA: 2 DATA: 12/04/01 LOTE: 057 TURNO: 1

1ª AMOSTRAGEM HORA: 08:30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	<=n	
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S	N	S	S	S

0,3%

p=	2	LM	3 σ	LSC
p	0,08	0,17	0,25	
np	2,0	4,1	6,1	

2ª AMOSTRAGEM HORA: 10:35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	<=n
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

0,0%

p=	LM	3 σ	LSC
p			
np			

3ª AMOSTRAGEM HORA:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	<=n

0,0%

p=	LM	3 σ	LSC
p			
np			

4ª AMOSTRAGEM HORA:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	<=n

0,0%

p=	LM	3 σ	LSC
p			
np			

5ª AMOSTRAGEM HORA:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	<=n

0,0%

p=	LM	3 σ	LSC
p			
np			

LIMITES DE CONTROLE

	n= 24	m= 2	p= 2	n= 1	m= 48	p= 2
FRAÇÃO de DEFEITUOSOS (P)	0,042	0,122	0,164	0,042	0,599	0,641
NÚM.TOTAL de DEFEITUOSOS (np)	1,000	2,937	3,937	0,042	0,599	0,641
NÚM.DEFEITOS na AMOSTRA (c)	1,000	3,000	4,000	0,042	0,612	0,654
DEFEITOS POR UNIDADE (u)	0,042	0,125	0,167	0,042	0,612	0,654

RESULTADO:

OBSERVAÇÕES:

VISTO:

IMPRIMIR ARMAZENAR FIM

VOLTAR LIMPAR GRÁFICO

Por ser uma característica que não pode ser medida, o registro dos dados é do tipo *Passa / não Passa*, ou seja, “S” (sim) para o caso do lacre romper e “N” (não) para o caso de o lacre não romper. Da mesma forma que os outros formulários, foi também utilizado o sistema de alerta com cores para as não conformidades. Nas tabelas “verdes” são feitos automaticamente todos os cálculos dos Limites de Controle 3-sigma, tanto para cada amostragem como para o conjunto total das amostras. No armazenamento destes dados, foi levado em conta qualquer uma das hipóteses, facilitando no futuro a sua importação para os gráficos de controle por atributos.

4.6 – Coleta dos Dados

O sistema informatizado de coleta foi testado durante uma semana, sendo os resultados obtidos comparados com os dados coletados e calculados manualmente. Os dados são coletados aproximadamente de duas em duas horas e lançados imediatamente no formulário informatizado, estratificados por turno de trabalho.

É importante saber que a análise dos dados não conduzirá a resultados úteis, a menos que estejam livres de erros. Um fator determinante na busca dos dados corretos é que os equipamentos de medição utilizados na análise das características dos produtos, nomeadamente a balança e o torquímetro, estejam calibrados. Para isso, os equipamentos foram previamente calibrados em laboratórios credenciados de metrologia.

4.7 - Montagem dos Gráficos de Controle

Para a elaboração dos gráficos de controle foi utilizado o programa Excel®. Trata-se de um programa de planilha de cálculo que em seu módulo de gráficos permite se montar os gráficos que serão utilizados neste trabalho; Gráficos de Controle, Diagrama de Linha, Histograma, Fluxograma, Diagrama de Pareto. O autor adicionou um módulo gráfico ao programa de coleta de dados, de forma a forma um único sistema informatizado, permitindo que os dados necessários sejam analisados diretamente do Banco de Dados montados no próprio programa, conforme apresentado no item 4.5.

Os gráficos foram selecionados de acordo com o tipo de dado coletado, assim para as características Volume e Torque, por se tratarem de características expressas por números em uma escala contínua de medidas, foram pesquisados os gráficos de Controle por Variáveis, e dentro destes, de acordo com o tamanho das amostras foram considerados mais adequados os Gráficos \bar{X} e s para a variável *Volume* e os Gráficos \bar{X} e R para a variável *Torque*.

Já para a característica *Rompimento do Lacre*, por se tratar de uma análise do tipo “Sim ou Não” (rompe ou não rompe o lacre), foram pesquisados os gráficos de Controle de Atributos e dentro destes o Gráfico p foi o escolhido por se estar trabalhando com tamanhos de amostras variável.

A Figura 4.13 mostra a tela de acesso ao sistema de gráficos do programa de informática criado pelo autor. Ao clicar um dos botões da tela, acessa-se a tela do Gráfico de Controle correspondente, e o sistema já monta o gráfico com as informações da variável ou atributo referente às últimas 30 amostras (Figura 4.14).

Figura 4.13: Tela de acesso ao Gráficos de Controle.

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

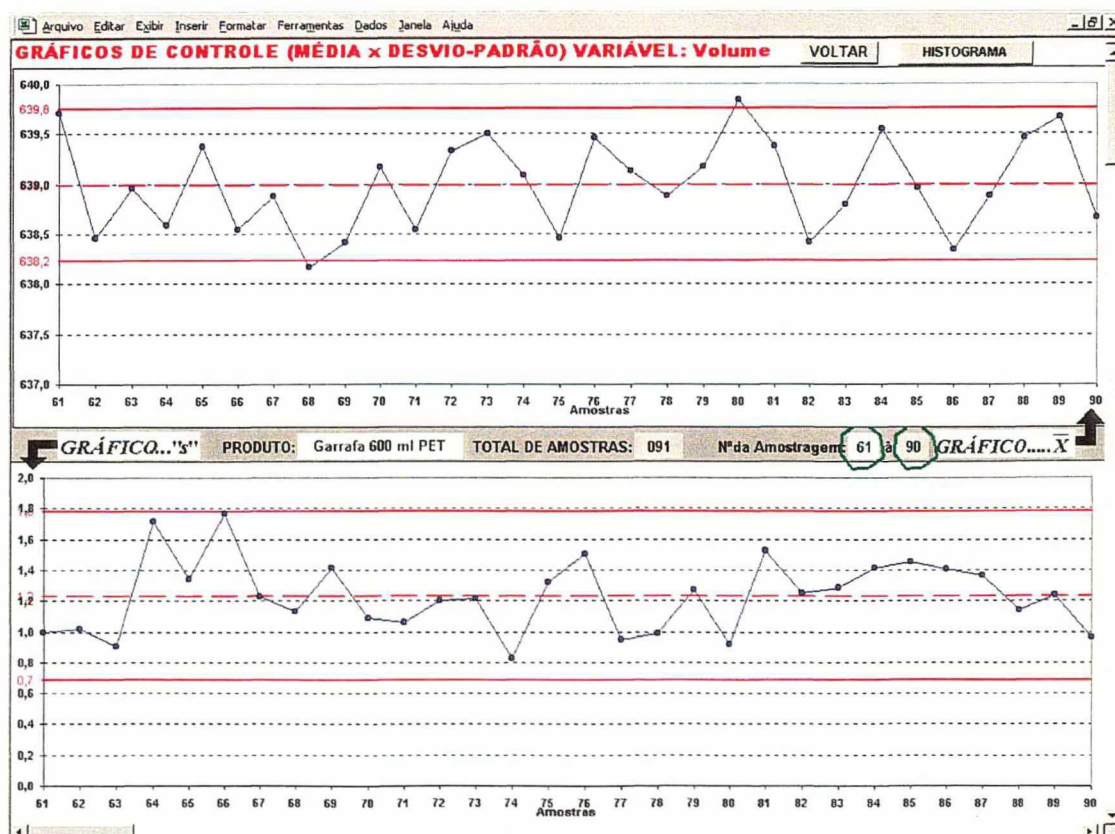
ANÁLISE ESTATÍSTICA DO PROCESSO

GRÁFICO CONTROLE Variável VOLUME	GRÁFICO CONTROLE Variável TORQUE _{rem}	GRÁFICO CONTROLE Variável TORQUE _{inc}	Índices de Capacidade VOLUME	GRÁFICO CONTROLE Atributo LACRE _{comp}
Garrafa PP - 510 ml	Garrafa PP - 510 ml	Garrafa PP - 510 ml	Garrafa PP - 510 ml	Garrafa PP - 510 ml
Garrafa PET - 600 ml	Garrafa PET - 600 ml	Garrafa PET - 600 ml	Garrafa PET - 600 ml	Garrafa PET - 600 ml
Garrafa PP - 1500 ml	Garrafa PP - 1500 ml	Garrafa PP - 1500 ml	Garrafa PP - 1500 ml	Garrafa PP - 1500 ml
Garrafa PET-1500 ml	Garrafa PET-1500 ml	Garrafa PET-1500 ml	Garrafa PET-1500 ml	Garrafa PET-1500 ml

HISTOGRAMA Variável VOLUME	HISTOGRAMA Variável TORQUE _{rem}	HISTOGRAMA Variável TORQUE _{inc}	Índices de Capacidade TORQUE _{rem}	Índices de Capacidade TORQUE _{inc}
Garrafa PP - 510 ml	Garrafa PP - 510 ml	Garrafa PP - 510 ml	Garrafa PP - 510 ml	Garrafa PP - 510 ml
Garrafa PET - 600 ml	Garrafa PET - 600 ml	Garrafa PET - 600 ml	Garrafa PET - 600 ml	Garrafa PET - 600 ml
Garrafa PP - 1500 ml	Garrafa PP - 1500 ml	Garrafa PP - 1500 ml	Garrafa PP - 1500 ml	Garrafa PP - 1500 ml
Garrafa PET-1500 ml	Garrafa PET-1500 ml	Garrafa PET-1500 ml	Garrafa PET-1500 ml	Garrafa PET-1500 ml

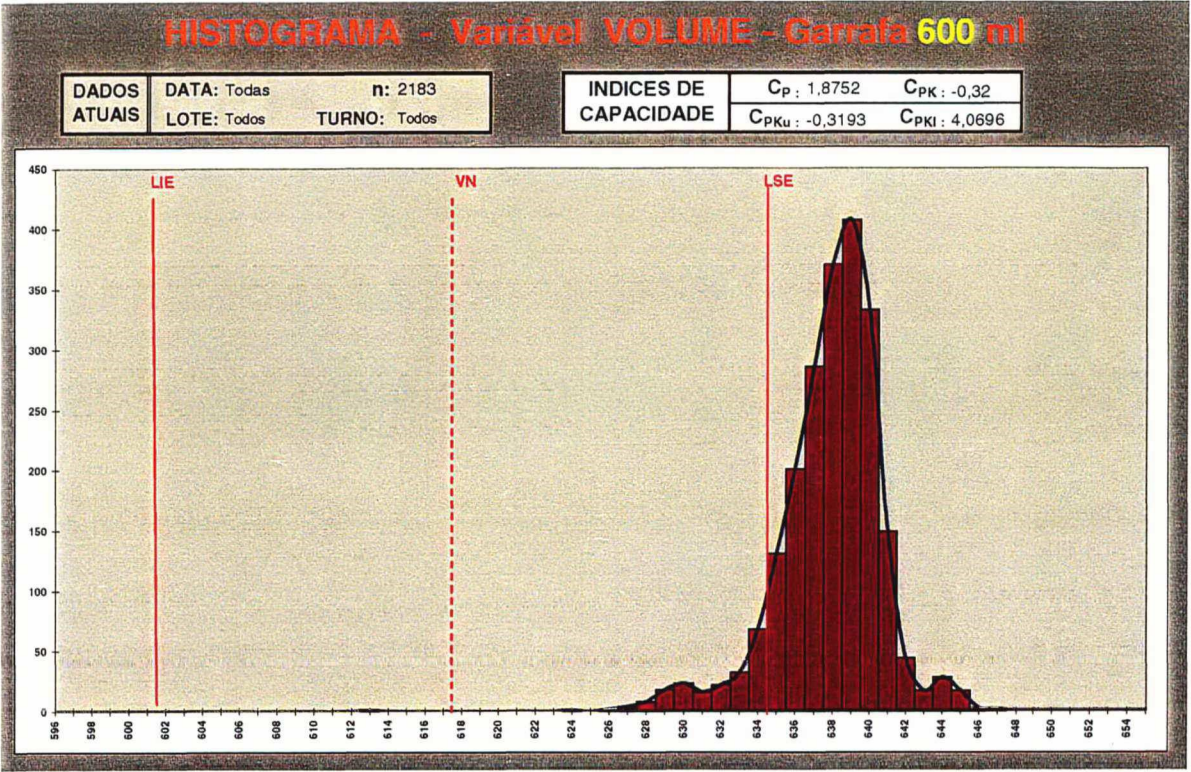
FORMULÁRIO DE ENTRADA DE DADOS
F I M

Figura 4.14: Tela do Gráfico das Médias e Desvio-Padrão.



Na tela da Figura 4.14, pode-se selecionar o conjunto de amostras que se deseja avaliar (no local assinalado a verde) que o gráfico é automaticamente atualizado. O botão situado no canto superior direito, dá acesso à tela do gráfico de Histograma (Figura 4.15) para as amostras selecionadas.

Figura 4.15: Tela do Histograma e Índices de Capabilidade.



O gráfico da Figura 4.15 é gerada a partir dos dados selecionados no gráfico anterior (Figura 4.14), para a montagem do histograma o sistema leva em conta os valores individuais de todos os itens das amostras selecionadas

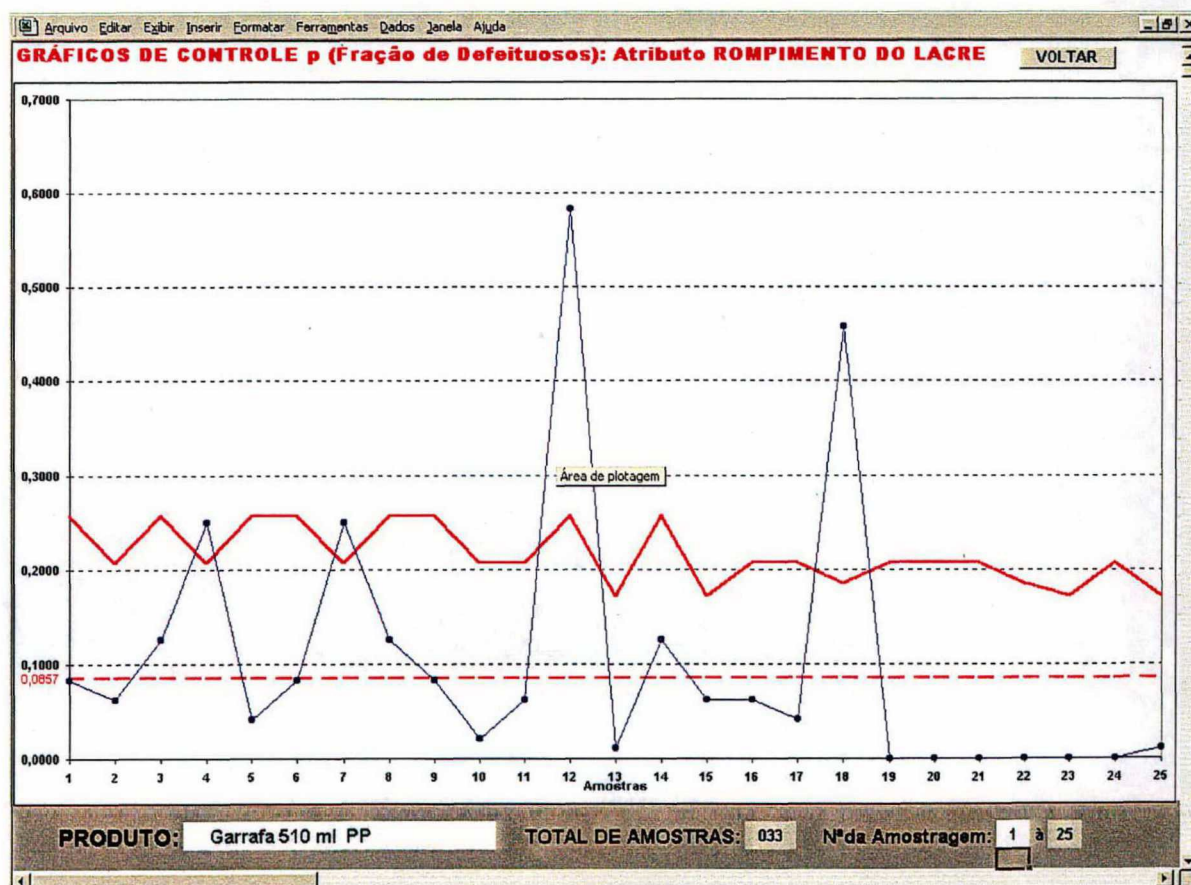
Embora os cálculos dos índices seja automático, é necessário a interpretação do operador para avaliar se o processo está sob controle estatístico.

Como se pode observar na tela da Figura 4.16 um dos botões situados na parte inferior do formulário é identificado por "Gráfico" (assinalado a vermelho). Ao clicar neste botão, o sistema nos leva direto para a tela da Figura 4.14 (Gráfico das Médias e do Desvio-padrão), incorporando provisoriamente o dado coletado ao Banco de Dados.

A análise dos gráficos é feita com base nos critérios técnicos de interpretação dos gráficos de controle apresentados no Capítulo 2 (item 2.6.1).

Nos gráficos as linhas que representam os Limites de Controle e a Média estão identificadas pela cor vermelha (Figura 4.17)

Figura 4.15: Tela do Gráfico "p" para Atributos.



4.9 - Cálculo dos Índices de Capabilidade

Como já foi observado no item 2.7 para que se possa calcular os Índices de Capabilidade do processo é necessário que o mesmo esteja sob controle estatístico.

Como para se atingir este estágio, por vezes é necessário um período longo de coleta, análise e melhoramento do processo, alguns dos resultados que são apresentados no Capítulo 4, mostram o processo fora de controle, neste caso não faz sentido avaliar a sua capabilidade.

As fórmulas utilizadas para o cálculo dos Índices de Potencial do Processo (C_p) e de Desempenho do Processo (C_{pk}) foram referenciadas no item 2.7 do Capítulo 2.

Para a análise de capabilidade do processo foram escolhidos os dados de variáveis porque estes contêm mais informação que os atributos. Segundo Juran (1992, p.210) os gráficos de atributos são úteis desde que a taxa de defeitos seja alta o bastante para aparecer no gráfico com um tamanho de subgrupo (amostra) razoável (custo de inspeção x tamanho de amostragem), como as exigências atuais de qualidade competitiva são tão altas, os gráficos de atributos tornam-se inúteis, ao menos depois do processo ter sido ajustado.

4.10 - Avaliação do Sistema CEP Implantado

Uma das formas de avaliar os resultados foi a análise do número e tipo de reclamações de clientes no transcorrer deste ano, comparando com igual período do ano anterior. Desta forma foi possível verificar se as ações

provenientes deste trabalho mudaram o panorama identificado na avaliação do ano anterior apresentado no item 4.4 (Tabela 4.2).

Também foi avaliada a eficiência do sistema informatizado de Coleta de Dados através do Índice de erros de digitação. A conclusão sobre o sistema computacional como um todo só se dará após algum tempo de operacionalização do mesmo e com a inclusão das demais linha de produção.

Os resultados destas avaliações são apresentados no capítulo 5

4.11 – Sugestão de Novas Melhorias

Sempre que houve necessidade, foram efetuadas melhorias no processo de implantação do CEP, tendo em vista que este estudo servirá de modelo para as demais linhas de produção. Estas sugestões não se relacionam com as sugestões de melhoria de processo resultantes da análise dos dados coletados.

Para as sugestões que impliquem investimento, foi feita uma análise de retorno deste investimento, com base na avaliação dos benefícios que o mesmo trará.

No Capítulo 6 são apresentadas algumas sugestões de melhorias no sistema operacional da empresa.

4.12 – Informatização do Sistema de Gráficos e Cálculo de Índices

Durante e na fase final do trabalho, foram inseridos no programa desenvolvido para a coleta de dados, os módulos de construção dos Gráficos de Controle selecionados, bem como o cálculo automático dos Índices de Capabilidade. Desta forma, se tornará muito mais dinâmico o acesso a estas

informações logo após o lançamento dos dados coletados, permitindo uma avaliação mais rápida do processo (princípio da alça de *feedback*).

O modelo deste novo módulo (apresentado no itens 4.6,4.7,4.8 e 4.9) obedeceu aos mesmos princípios de simplicidade e acessibilidade do módulo de coleta de dados, uma vez que serão as mesmas pessoas que irão fazer uso do mesmo.

5. RESULTADOS

A apresentação dos dados se dará na forma de tabelas, onde se poderá observar os valores com maior precisão e de gráficos que além do apelo visual têm a vantagem de mostrar com maior clareza tendências e comparações.

Como este estudo é bastante extenso, envolvendo 4 produtos, optou-se por apresentar neste trabalho apenas os resultados de um produto. Para o Volume e Torque foi selecionado a garrafa de 600ml (Tabela 5.1), que corresponde ao produto de maior volume de envase (42,14%) e conseqüentemente em maior amostragem (91).

Tabela 5.1 Taxa de ocupação de cada produto durante o período de coleta.

	HORAS TRABALHADAS		PRODUÇÃO (Cx / pcte)		TOTAL DE AMOSTRAS
	Quantidade	%	Quantidade	%	
Garrafa PP - 510 ml	168,70	23,12	44.241	18,72	53
Garrafa PET - 600 ml	276,50	37,89	99.604	42,14	91
Garrafa PP - 1.500 ml	82,78	11,34	29.911	12,65	35
Garrafa PET - 1.500 ml	201,71	27,64	62.634	26,50	75
TOTAL	729,69	100,00	236.390	100,00	

Para o atributo Rompimento do Lacre foi selecionado a produção da garrafa de 510 ml (PP) em função desta representar maior percentual (55%) do total das reclamações referente a esta característica de qualidade, conforme Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Estratificação do atributo – Rompimento do Lacre.

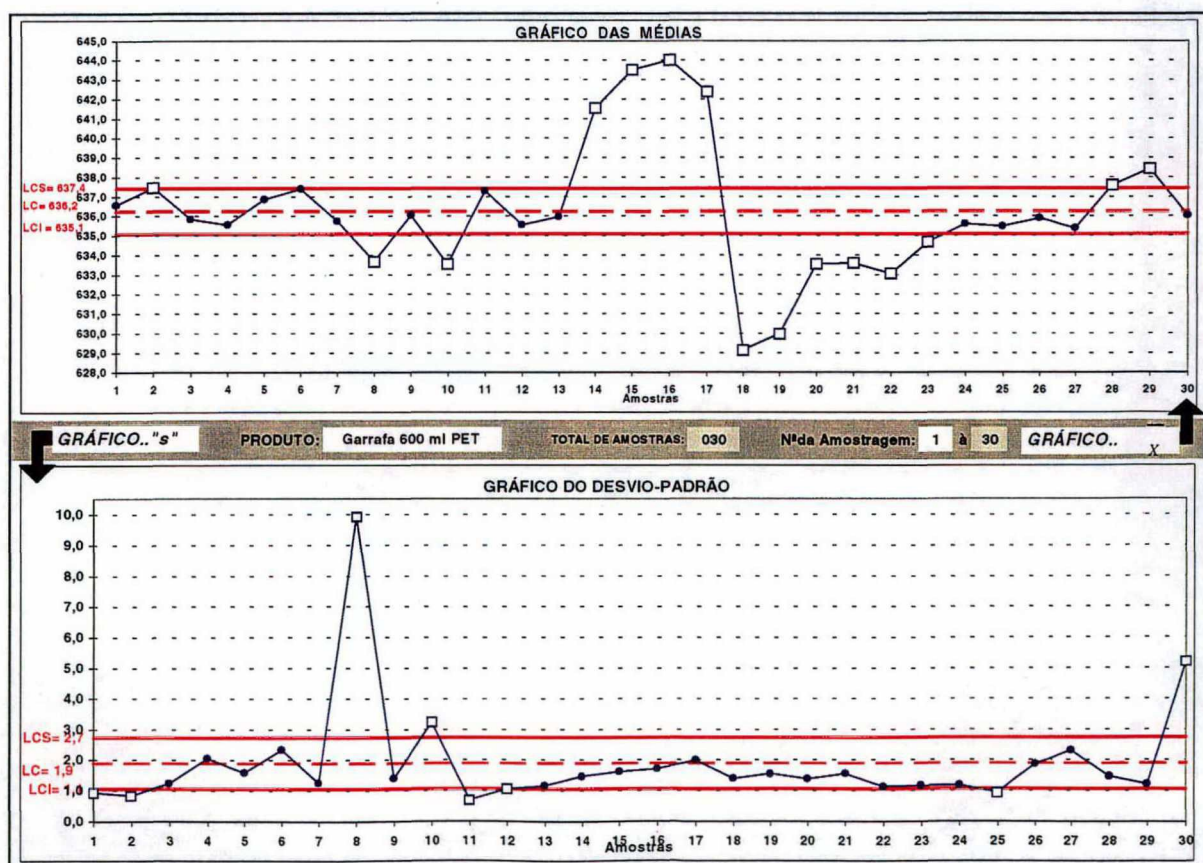
PRODUTOS	RECLAMAÇÕES	
	Quantidade	%
Garrafa PP - 510 ml	6	54,55
Garrafa PET - 600 ml	1	9,09
Garrafa PP - 1.500 ml	3	27,27
Garrafa PET - 1.500 ml	1	9,09
TOTAL	11	100,00

5.1 Resultados da variável Volume

Para se poder obter uma radiografia da estabilidade do processo sem nenhuma ação resultante deste trabalho, foram coletadas 30 amostras e o tamanho de cada amostragem era de 24 garrafas. Este tamanho de amostragem foi definido como padrão para esta variável e para todos os produtos da linha. Em função do tamanho da amostra $n > 10$ ($n=24$), foi selecionado a Carta de Controle \bar{X} e s (média e desvio-padrão), de acordo com os critérios de seleção apresentados no Quadro 2.9 do item 2.6.6.

A Figura 5.1 apresenta os gráficos de controle elaborados a partir das médias das primeiras amostras coletadas e do desvio-padrão destes sub-grupos.

Figura 5.1: Gráfico das médias e do desvio-padrão da variável Volume - 30 primeiras amostras.



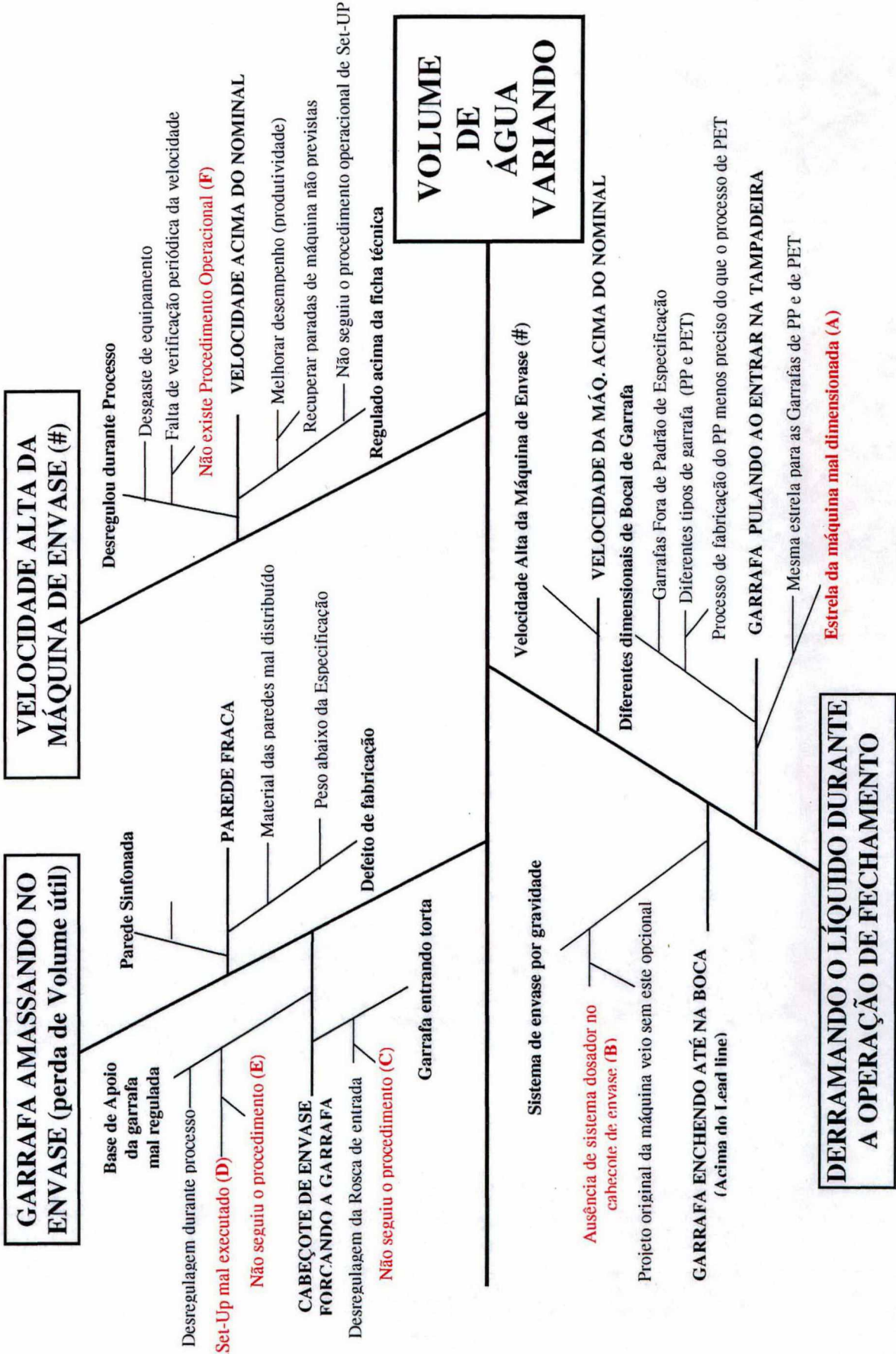
Verifica-se no gráfico do Desvio-padrão da Figura 5.1, vários pontos extrapolando os dois Limites de Controle (LSC e LIC), demonstrando que o processo está fora de controle. Uma análise do Gráfico das Médias do Volume da garrafa (Figura 5.1), segundo uma visão geral e imediata, também demonstrada a instabilidade deste processo, ou seja, apresenta várias causas especiais. As amostras são consideradas causas especiais por excederem limites de controle ou por apresentarem comportamento tendencioso nos dados, ou seja, pontos em tendência crescente ou decrescente, além de excesso de variabilidade (piques extremos).

É importante ressaltar que este comportamento nas primeiras 30 amostras da garrafa de 600ml também foi observado nos demais produtos, assim sendo surgiu a necessidade de uma análise mais profunda de possíveis fatores externos causadores do descontrole do processo.

Para análise das causas dos prováveis fatores da variação do volume, optou-se pela utilização do Diagrama de Causa e Efeito. A Figura 5.2 mostra o diagrama elaborado a partir das informações dos funcionários da linha, com destaque para os elementos que detinham conhecimento na regulação das máquinas de envase e fechamento das garrafas (função “B” do Quadro 3.1).

Partindo das hipóteses levantadas pelo grupo (causas primárias destacadas pelos retângulos), se chegou nas causas identificadas com a cor vermelha e considerados pela equipe como sendo as prováveis responsáveis pela variação, sendo que a letra entre parênteses determina o grau de importância de cada, e por consequente a ordem de prioridade de solução.

Figura 5.2: Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) para a variação de volume da garrafa de 600 ml.

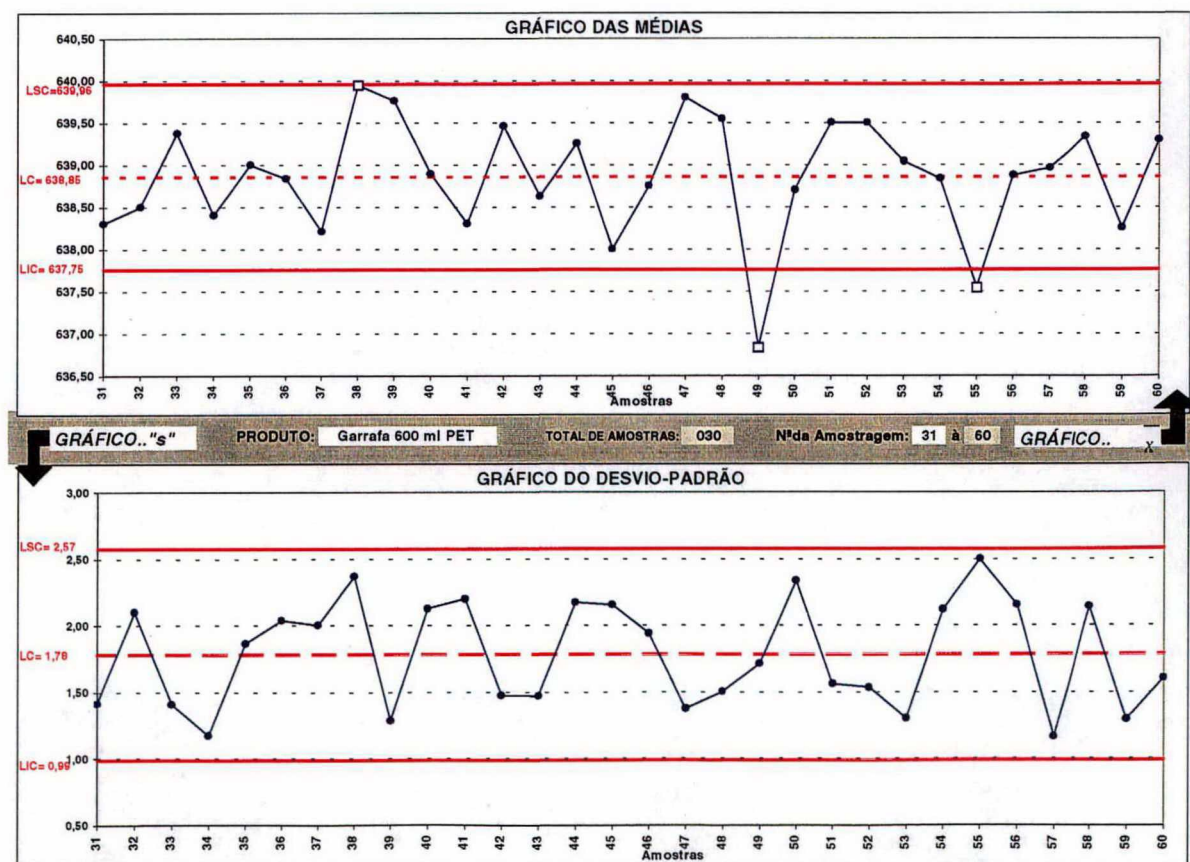


Após o estudo e análise destas causas foram tomadas providências, imediatas, para a solução das mesmas. Apenas o problema do cabeçote dosador de volume é que aguarda a autorização de investimento para que se faça a troca do mesmo.

O problema do projeto da estrela de entrada da máquina tampadeira parece ser a causa fundamental da variação de volume, era visual o derramamento do conteúdo da garrafa nesta fase do processo, facilitado pelo fato das garrafas estarem cheias “até a boca”.

Após a solução das causas especiais levantadas, foram coletadas novas amostras ($m=30$) e montados os gráficos das médias e do desvio-padrão conforme mostra a Figura 5.3.

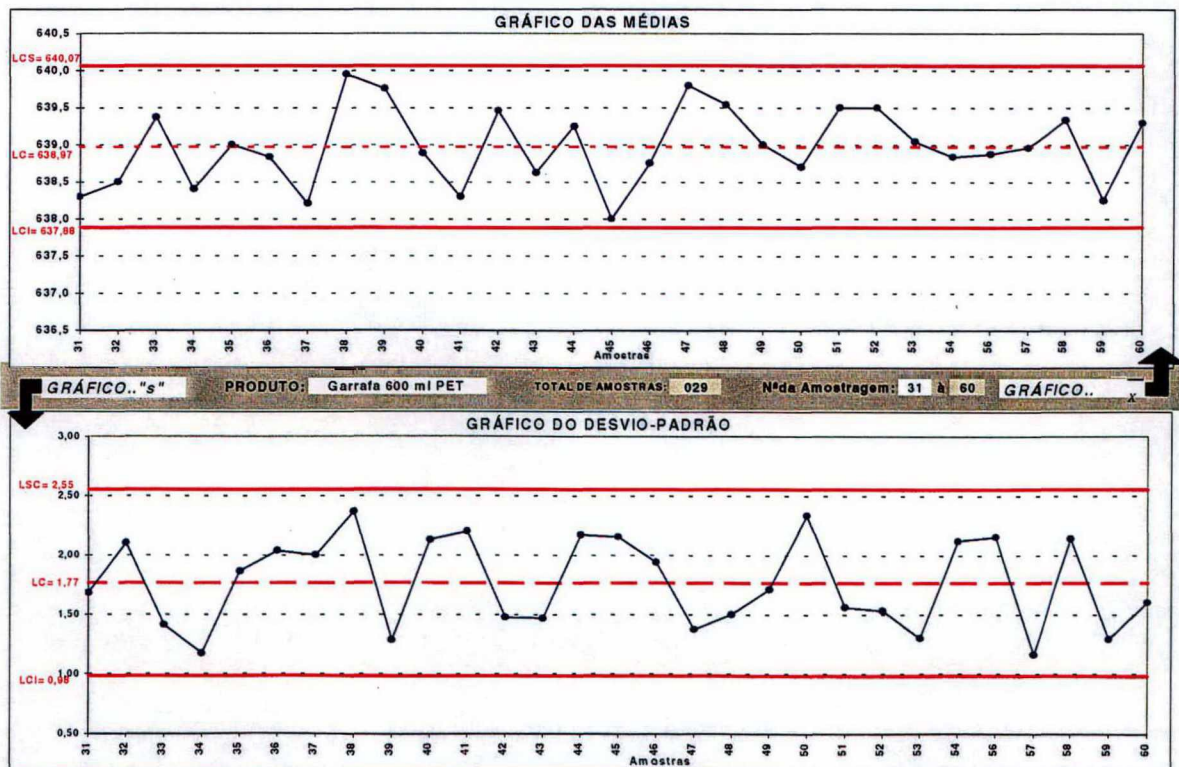
Figura 5.3: Gráfico das médias e do desvio-padrão da variável Volume – amostras de 31 a 60.



Embora a análise da variabilidade pelo gráfico do desvio-padrão da Figura 5.3 , demonstre que o processo é estável, ao observar na mesma Figura 5.3 o gráfico das médias, se verifica a existência de dois pontos fora dos limites de controle, e um em cima do Limite de Controle Superior. Seguindo a orientação apresentada no fluxograma da Figura 2.11, analisou-se as causas especiais que possam ter afetado as médias das 49ª e 55ª amostras. Para a amostra 49, foi corrigido um erro de digitação, ele ocorreu por ocasião da substituição do funcionário treinado para o serviço em função de um acidente de trânsito que o mesmo sofreu.

Já para a amostra nº 55, depois de pesquisados todos o eventos inerentes a esta produção não foi encontrada nenhuma causa especial, assim sendo, optou-se pelo descarte da mesma foi e elaborado um novo gráfico \bar{X} e s Figura 5.4, calculando-se novos Limites de Controle .

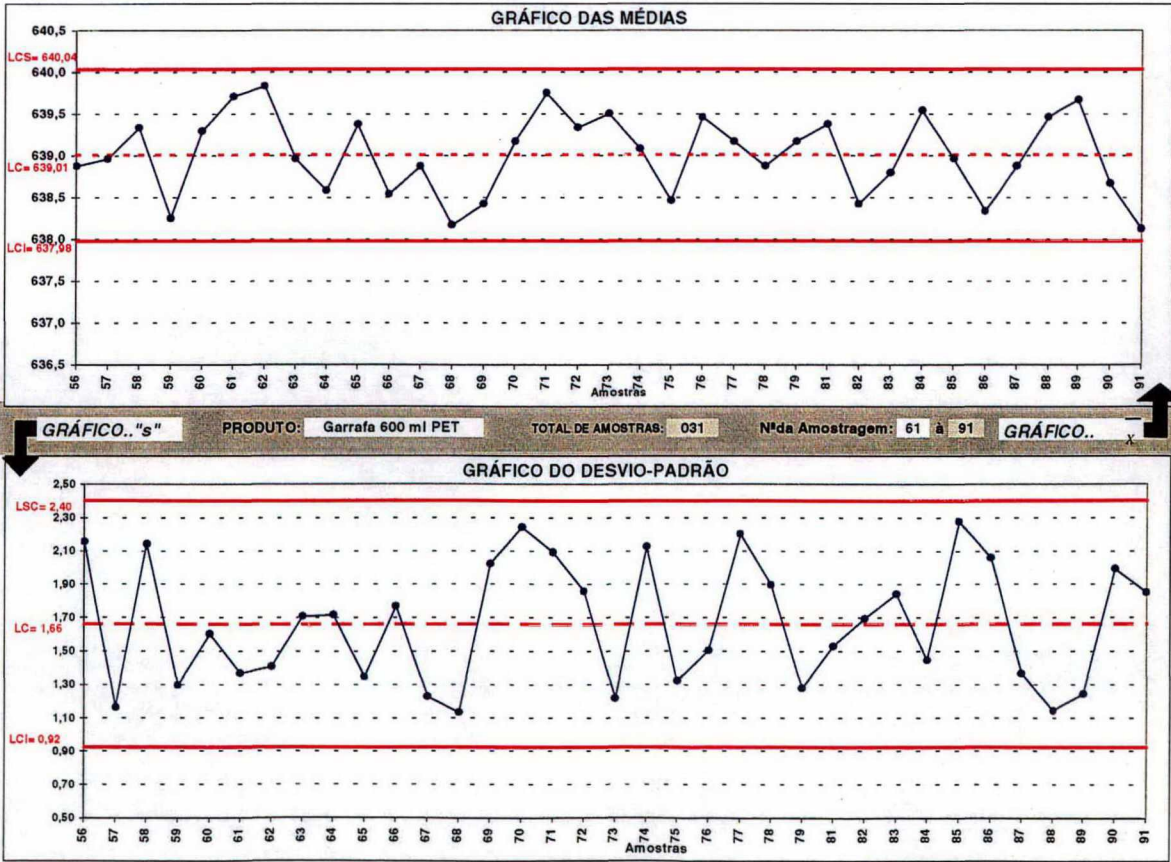
Figura 5.4: Gráfico das médias e do desvio-padrão da variável Volume – amostras de 31 a 60 (excluindo a amostra 55).



Desta vez, além do gráfico do desvio-padrão também o gráfico das médias não apresentou apareceu pontos fora dos Limites de Controle e também não é verificado qualquer tipo de tendência, deslocamento , periodicidade e falta ou excesso de variabilidade, assim sendo o processo foi considerado sob controle.

Já seria possível fixar os atuais limites de controle, para que possam ser utilizados na avaliação atual e futura do controle de processo do volume da garrafa de 600 ml PET. Contudo, optou-se por analisar mais uma sequência de amostras (figura 5.5), mostrando que a decisão de eliminar o ponto nº55 foi realmente acertada, pois na nova análise que o processo prossegue sob controle, e o fator que originou o ponto nº55 não se repetiu. (Werkema, 1995, p.211).

Figura 5.5: Gráfico das médias e do desvio-padrão da variável Volume – amostras de 56 a 91.



Uma vez que o comportamento estável permaneceu nos dois gráficos da Figura 5.5, se conclui que o processo se manteve sob controle, e que os limites de controle obtidos nesta última série de amostras, podem ser fixados e utilizados na avaliação atual e futura do controle do volume da garrafa de 600 ml PET (Quadro 5.1).

Quadro 5.1 Limites de Controle dos Gráficos \bar{X} e s definitivos para a variável Volume – Garrafa 600 ml (PET).

LIMITES DE CONTROLE	GRÁFICO DAS MÉDIAS	GRÁFICO DO DESVIO-PADRÃO
LSC	640,04	2,40
LC	639,01	1,66
LIC	637,98	0,92

Uma vez conseguido o controle estatístico deste processo, é fundamental avaliar se o processo é capaz de atender às especificações (Quadro 4.2), através da análise gráfica (histograma) e calculando os índices de capacidade do processo. O Quadro 5.2 apresenta os valores das especificações, os Índices de Capacidade e a Faixa de Característica do Processo “FCP” (faixa de tolerância) calculados.

Para estes cálculos foi utilizada a média e o desvio-padrão estimados com base nas amostras igual a:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4} = \frac{1,66}{0,9892} = 1,678$$

e

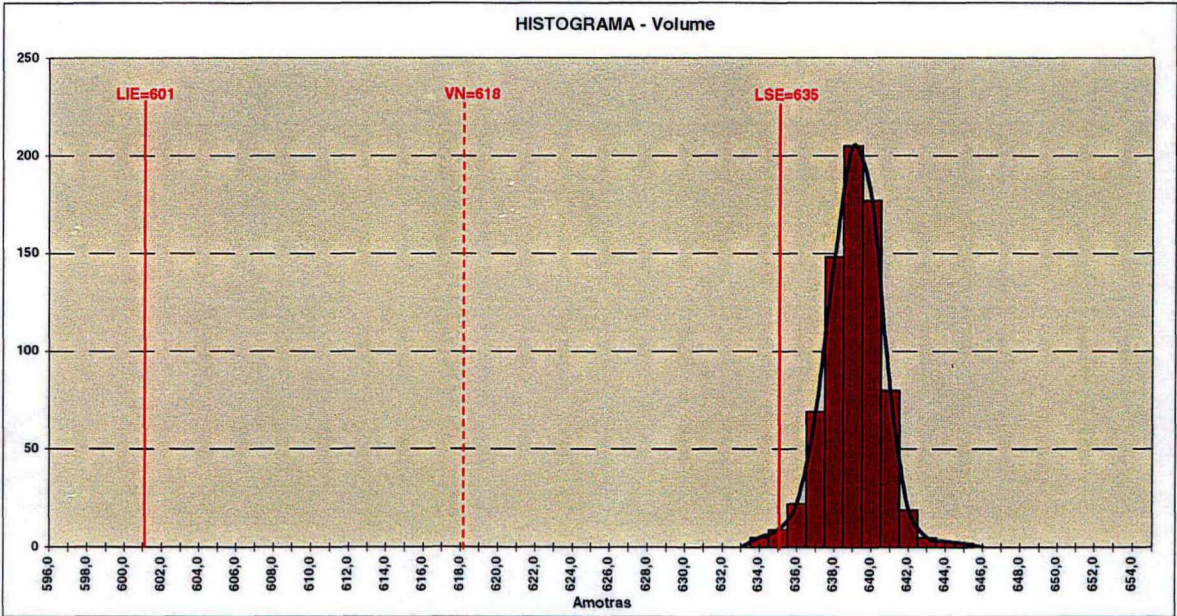
$$\bar{\bar{X}} = 639,01$$

Quadro 5.2: Especificações e índices de capacidade para a variável Volume – Garrafa de 600 ml (PET).

LIMITES DE ESPECIFICAÇÃO		ÍNDICES DE CAPABILIDADE	
Ti Tolerância Individual	CAx Aceitação para Média	$C_P = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} = \frac{635 - 601}{6 \times 1,726} = 3,2831$	
LSE = 635 gr	$\bar{X} \geq 616,89 \text{ gr}$	$C_{p_U} = \frac{635 - 639,01}{3 \times 1,678} = -0,796$	Cpk = - 0,796
VN = 618 gr		$C_{p_L} = \frac{639,01 - 601}{3 \times 1,678} = 7,55$	
LIE = 601 gr		$FCP = \bar{\bar{X}} \pm 3\hat{\sigma} = 639,0 \pm 5,03 \Rightarrow 633,98 \text{ a } 644,04$	

Para a análise gráfica foi montado o histograma da Figura 4.6, que ajudará a explicar o valor elevado do **Cp** e do **Cp_u**.

Figura 5.6: Histograma de todos os itens das amostras (56 a 91) da variável Volume – Garrafa de 600 ml (PET).



Como já foi observado no Capítulo 2 (item 2.7.3) o **C_p** sozinho não é suficiente para determinar se o processo é adequado ou não, já que ele não

observa se o processo está centrado em relação ao valor nominal. Pelo valor obtido para o C_p o processo seria altamente capaz, mas se faz necessário a análise através do índice C_{pk} .

Sobre o índice C_{pk} obtido, vale fazer aqui duas análises, uma do ponto de vista do Consumidor (cliente) e outra do ponto de vista da empresa:

- *Visão consumidor* – quanto mais volume a garrafa tiver, além do valor nominal pelo qual o cliente está pagando, melhor para este, pois estará levando para casa um maior volume por um mesmo preço. O limite superior de especificação foi estabelecido pela empresa para evitar perdas, se fosse usar uma especificação unilateral (LIE) como é feito pelos órgãos de fiscalização (Inmetro), o valor do C_{pk} seria de 7,55 e o processo seria altamente capaz.
- *Visão empresa* – como podemos verificar o valor de $C_{pk} = -0,796$ corrige a impressão apenas da capacidade que o C_p sugere, pois mostra que o processo é totalmente incapaz, trazendo prejuízos diretos para a empresa. Também se verifica que a faixa característica do processo (FCP) vai além do LSE. O cálculo abaixo dá uma idéia desse prejuízo em termos de volume de litros com base na diferença entre o valor nominal e a média do processo e o total de garrafas de 600 ml envasadas num mês.

$$\begin{aligned} \text{PERDAS} &= (\bar{X} - \text{VN}) \times \text{Total Garrafas} / \text{Peso Específico Água} \\ &= (639,01 - 618) \times 1.100.000 / 0,996 = \pm 23.000 \text{ Lt} \end{aligned}$$

Este valor é cerca de 3,3% do volume total envasado na Garrafa de 600 ml.

Este comportamento foi também encontrado nos demais produtos desta Linha de Envase (2), resultando numa perda total mensal na ordem de 1,92% .

5.2 Resultados da variável Torque

Na escolha do sistema de amostragem, seria possível optar apenas pela medição do torque de todas as amostras independentemente do número do cabeçote, mas optou-se pela amostragem individual de cada cabeçote de forma a facilitar a análise dos desvios que porventura pudessem vir a ocorrer. Desta forma já estaríamos ajudando na estratificação do problema e ajudando na descoberta das prováveis causas.

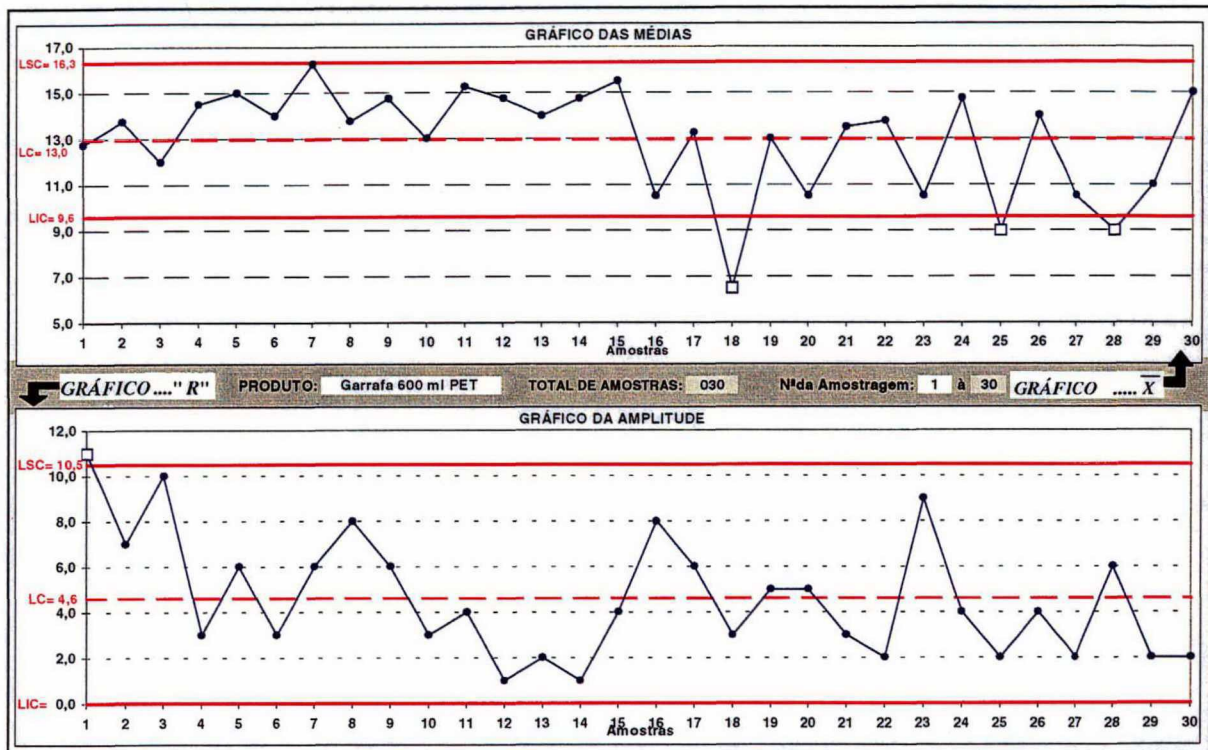
Segundo Shewhart (Paranthaman, 1990, p. 123) o objetivo principal é não somente detectar o problema, mas também descobri-lo, e tal descoberta naturalmente envolve classificação. Por isso quanto mais pudermos subdividir os grupos de amostras de acordo com as prováveis fontes de variação, mais fácil será para o profissional levantar as hipóteses com base na análise dos dados.

O número total das amostras era de 24 unidades, mas sub-divididas em subgrupos de 4 unidades para cada um dos 6 cabeçotes de fechamento. Assim, como o tamanho dos sub-grupos era de 4 unidades ($n < 10$), e de acordo com o sistema de critérios apresentado no Quadro 2.9 do item 2.6.6, foi selecionada a Carta de Controle \bar{X} e R (média e amplitude).

Apesar de neste trabalho se estudar a implantação do CEP nos dois tipo de Torque, o de Remoção e o Incremental, são mostrados apenas os resultados do Torque de Remoção, uma vez que este é o mais importante, já que é ele que afere se a embalagem está devidamente fechada. Foram selecionados os resultados do Torque de Remoção para o cabeçote nº 5.

A exemplo da variável Volume, também foram selecionadas 30 amostras iniciais para que se obtivesse um panorama prévio do processo de fechamento das garrafas. A Figura 5.7 apresenta o gráfico das médias para as primeiras 30 amostras analisadas e o gráfico das amplitudes das mesmas.

Figura 5.7: Gráfico das médias e da Amplitude do Torque de Remoção do Cabeçote nº 5 – primeiras 30 amostras.



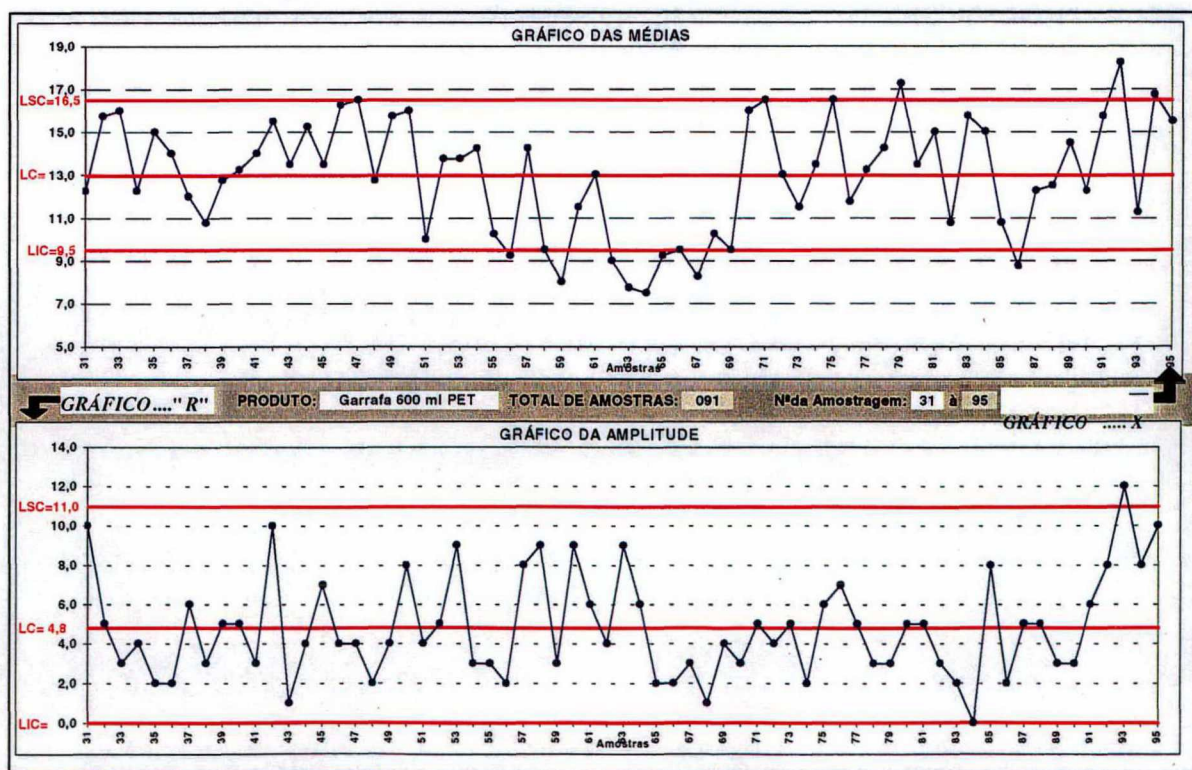
A análise da Figura 5.7 permite concluir que o processo é instável, o gráfico da variabilidade (Amplitude) apresenta um comportamento instável, com um ponto fora de controle. O Gráfico das Médias ratifica ainda mais esta conclusão, ao apresentar várias causas especiais, com vários pontos excedendo os Limites de Controle, sequência de pontos maior que 7 acima da linha média e até um pequeno deslocamento, pois até à amostra nº17 mais de 90% das médias ficaram acima da linha central e em seguida o comportamento ficou mais estável com uma maior concentração abaixo da linha central.

Uma equipe multi-funcional, composta de funcionários da linha de envase e da engenharia, identificaram como uma das prováveis causas especiais a regulagem do cabeçote. Até aqui a regulagem era única, tanto para as garrafas de PP como para as garrafas de PET, mesmo tendo diferentes índices de precisão nos dimensionais do gargalo. Esta causa de fator de variação também foi identificada no Diagrama de Causa e Efeito do item anterior Figura 5.2 .

De acordo com o plano de ação de solução deste problema, foi introduzido na linha de envase procedimentos de regulagem dos cabeçotes, levando-se em conta o tipo de material da garrafa (PP ou PET) na troca de ferramental (Set-Up) do produto a ser envasado.

Um novo conjunto de gráficos \bar{X} e R foi elaborado com os dados de mais 64 amostras do mesmo cabeçote, conforme mostra a Figura 5.8.

Figura 5.8: Gráfico das Médias e da Amplitude do Torque de Remoção do Cabeçote nº 5 – Amostras de 31 a 95.



Os gráficos de controle apresentado pelo Torque de Remoção, nesta segunda coleta de dados, continuam demonstrando a não estabilidade do processo. Há novamente a ocorrência de pontos fora dos limites de controle, e freqüentes variações e sequências de pontos de um mesmo lado da linha central, evidenciando a falta de controle.

Descartada a hipótese de regulação inicial do cabeçote, a atenção voltou-se para o desgaste de material, já que na folha de eventos da linha constam várias regulagens dos cabeçotes durante o processo de envase. Uma avaliação mais apurada do equipamento, demonstrou a presença de molas “cansadas”, e alguns rolamentos danificados. A troca de produção é muito dinâmica e frequente, o que implica em várias regulagens a cada troca já que existe apenas um conjunto de cabeçotes de fechamento.

Como se deseja obter Limites de Controle significativos para o monitoramento da produção atual e futura, estes devem ser baseados em dados de um processo que esteja sob controle estatístico, assim é necessário rejeitar os limites calculados até o momento. O monitoramento desta variável deverá continuar após a troca de todas as peças defeituosas, seguindo a mesma metodologia empregada na primeira e segunda coleta.

Em função da variabilidade do Torque de Remoção neste processo ser muito grande, o que denota o descontrole do processo, não faz sentido avaliar a sua capacidade, já que é pré-requisito fundamental que o processo esteja sob “Controle Estatístico” para que se possa calcular os Índices de Capacidade.

5.3 Resultados do Atributo – Rompimento do Lacre

Não existe na Legislação uma especificação para esta característica, embora o ideal seria que todos (100%) dos Lacs rompessem (estado de perfeição), a empresa adotou uma meta para cada tipo de garrafa (ver Quadro 3.2 da página 80) tomando como referências algumas empresas do ramo de refrigerantes e a análise do seu Departamento de Engenharia.

Como já foi explicado no Capítulo 4 (item 3.7) o gráfico selecionado como mais adequado foi o da Proporção (Fração) de Defeituosos p , com o tamanho das amostras variando de 24 a 96 unidades.

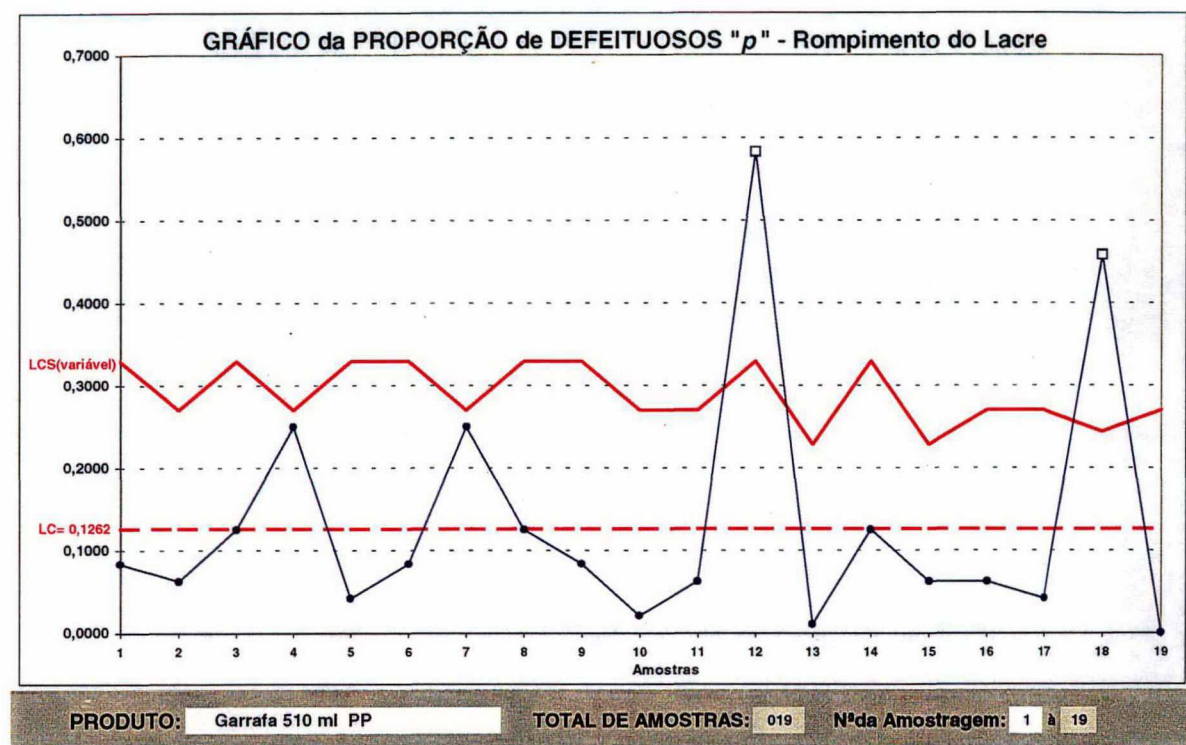
No mesmo período em que foram analisadas 30 amostras das variáveis dos itens anteriores (Volume e Torque), somente foram coletadas, testadas e analisadas 19 amostras deste atributo para a garrafa de 510 ml. Isto se explica por a produção deste produto ser de menor volume que a garrafa de 600ml PET (ver Tabela 5.3).

Tabela 5.3: Resultado dos testes de Rompimento de Lacre das primeiras 19 amostras.

Nº DA AMOSTRA	TAMANHO DA AMOSTRA	TOTAL DEFEITOS	FRAÇÃO DEFEITUOSA
1	24	2	0,08333
2	48	3	0,06250
3	24	3	0,12500
4	48	12	0,25000
5	24	1	0,04167
6	24	2	0,08333
7	48	12	0,25000
8	24	3	0,12500
9	24	2	0,08333
10	48	1	0,02083
11	48	3	0,06250
12	24	14	0,58333
13	96	1	0,01042
14	24	3	0,12500
15	96	6	0,06250
16	48	3	0,06250
17	48	2	0,04167
18	72	33	0,45833
19	48	0	0,00000
TOTAL	840	106	0,12619

Conforme pode ser verificado na Tabela 5.3, os resultados destas 19 primeiras amostras já demonstraram um total descontrole do processo com um percentual médio de rompimento de Lacre de 12,6 % (mais do dobro da meta de 5%), e levando a vários pontos acima do LSC como pode ser observado na Figura 5.9 .

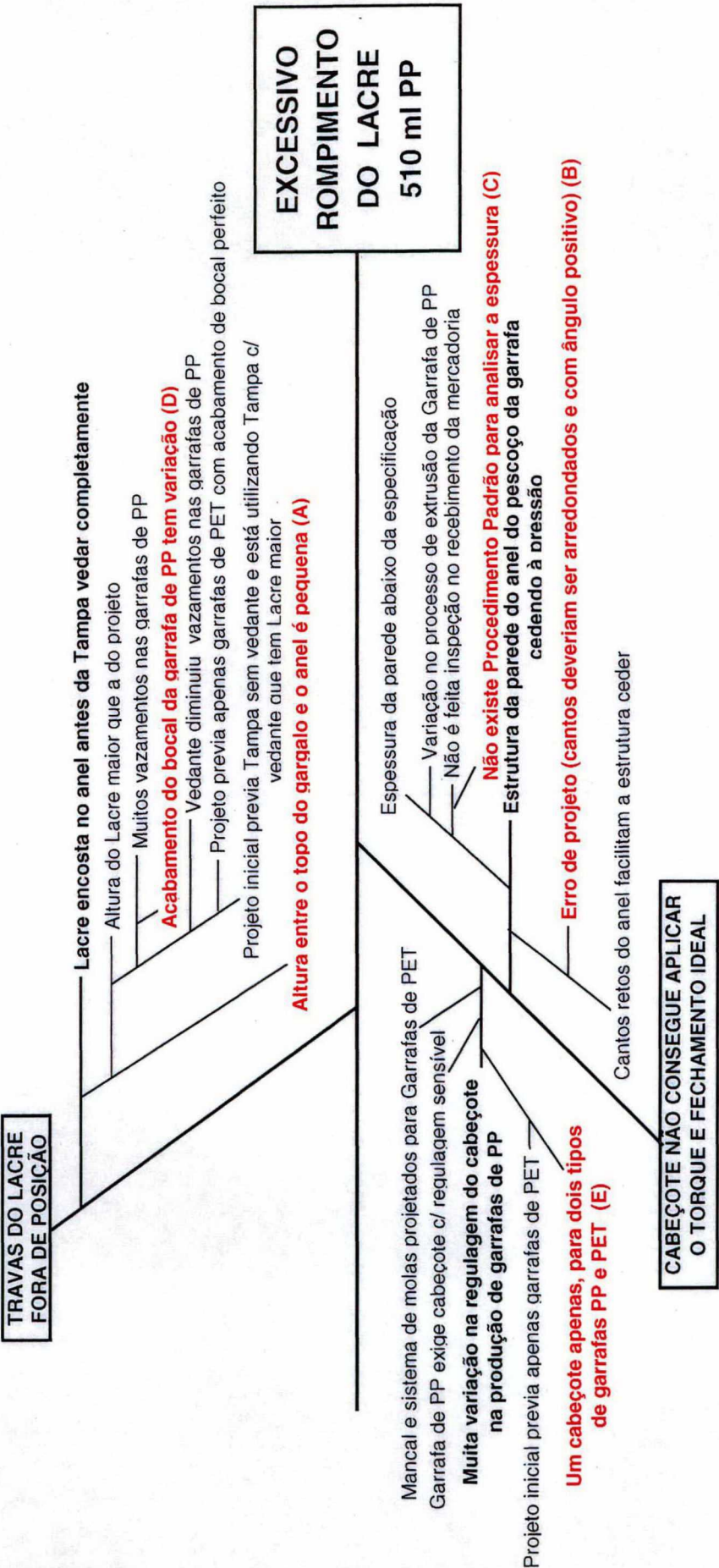
Figura 5.9: Gráfico da Proporção de Defeituosos p do atributo Rompimento de Lacre das primeiras 19 amostras coletadas para a garrafa de 510 ml.



No gráfico da Figura 5.9 o Limite de Controle Inferior (LCI) foi considerado como sendo igual a zero, pois no calculo de LCI o valor obtido foi menor que zero.

Por ocasião da 19ª amostra, foi feito uma reunião com todos os funcionários da linha, gerências e engenheiros do fornecedor das garrafas de 510 ml (PP), que deu origem ao Diagrama de Causa e Efeito da Figura 5.10.

Figura 5.10 : Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) para o excessivo Rompimento do Lacre .

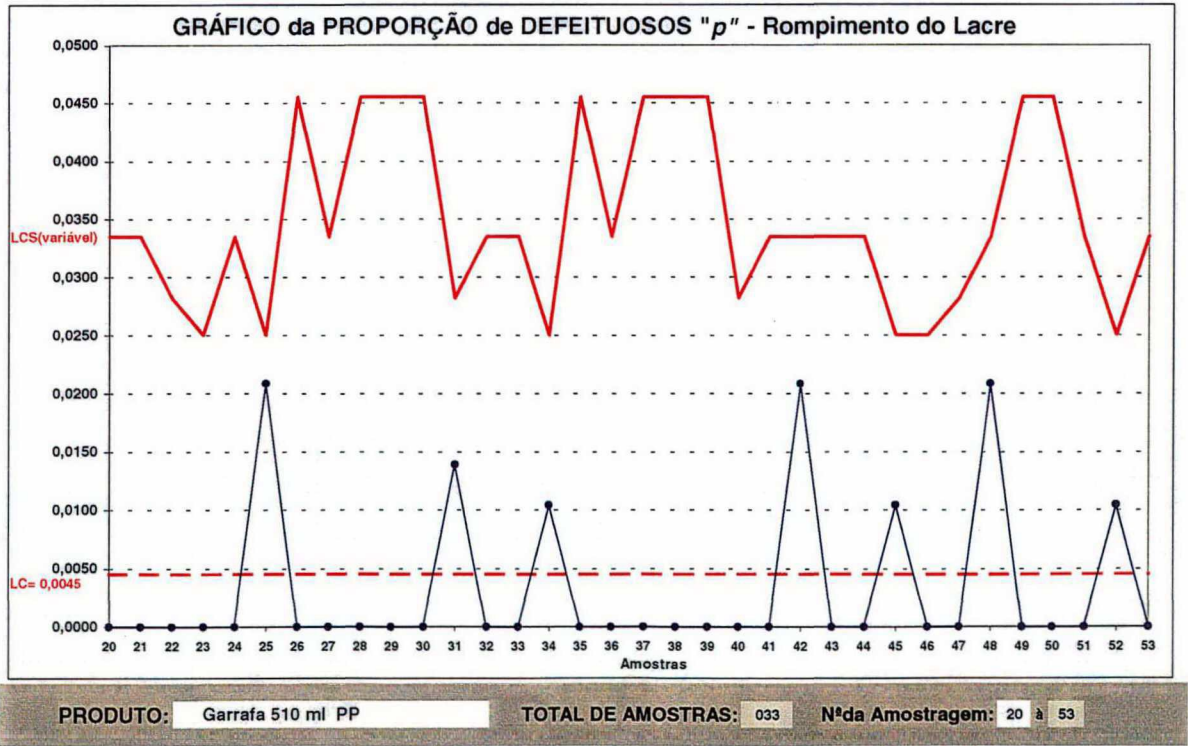


Neste Diagrama foram identificadas as causas mais prováveis do excesso de rompimento do lacre tomando como base as causas primárias levantadas durante o “brainstorming”: travas do Lacre fora de posição, cabeçote rosqueador não consegue aplicar o Torque de fechamento ideal.

Foram traçados e executados planos de ação para cada uma das causas destacadas em vermelho e identificadas com letras segundo a prioridade de parecerem exercer um efeito mais significativo sobre esta característica de qualidade. Apenas a última causa – a aquisição de novos cabeçotes – ainda não foi atendida.

Uma nova coleta de dados foi iniciada e os resultados plotados no gráfico de controle de Atributos *p*, estão demonstrados na Figura 5.11.

Figura 5.11: Gráfico da Proporção de Defeituosos *p* do atributo Rompimento de Lacre das amostras 20 a 53 coletadas para a garrafa de 510 ml.



O comportamento da fração defeituosa mostra que o processo está sob controle e que a meta ($\leq 5\%$) foi atingida, com apenas oito defeitos encontrados em todas as amostras coletadas após as ações corretivas levantadas durante o tratamento deste problema., que representa uma fração defeituosa média de 0,45% num total 1776 unidades analisadas em 33 amostras.

Daqui para frente é só plotar os resultados das novas amostragens no gráfico e monitorar o comportamento da linha que representa a Fração defeituosa, facilitado pelo formulário informatizado e a construção em tempo real do gráfico de controle *p*.

Ao permanecer este panorama no comportamento de novas amostras, traduzido pela satisfação de contemplar 100% da meta, espera-se poder diminuir a frequência da amostragem, diminuindo os custos dos testes, já que se trata de um teste destrutivo.

5.4 Melhorias Inerentes à Implantação do CEP

Para avaliar a implantação do CEP do ponto de vista da Qualidade, satisfação do consumidor, foi tomado como referência o mesmo sistema de análise das reclamações de clientes no qual se baseou o presente trabalho, para determinar as características de Qualidade a serem monitoradas pelo CEP (Item 4.4).

A Tabela 5.4 mostra o resultado do levantamento das reclamações de clientes no ano de 2001 nos primeiros 8 meses e compara com igual período do ano anterior.

Tabela 5.4 Comparativo das reclamações de clientes externos de Janeiro a Agosto dos anos 2.000 e 2.001.

TIPO DE RECLAMAÇÃO	Nº DE RECLAMAÇÕES NO PERÍODO DE JAN - AGO				
	2 0 0 0		2 0 0 1		Variação
Volume	14	22,58%	8	16,00%	-42,86%
Torque	9	14,52%	6	12,00%	-33,33%
Lacre	6	9,68%	6	12,00%	0,00%
Qualidade da água	3	4,84%	5	10,00%	+ 66,67%
Impurezas	4	6,45%	1	2,00%	-75,00%
Rótulos	6	9,68%	5	10,00%	-16,67%
Embalagem furada	2	3,23%	0	0,00%	-100,00%
Falta de gás	2	3,23%	1	2,00%	-50,00%
Atraso na entrega	3	4,84%	4	8,00%	+ 33,33%
Qualidade da Ink-Jet	2	3,23%	2	4,00%	0,00%
Gargalo da garrafa	4	6,45%	1	2,00%	-75,00%
Visual dos vasilhames	3	4,84%	2	4,00%	-33,33%
Outros	1	1,61%	1	2,00%	0,00%
Rotulagem	1	1,61%	2	4,00%	+ 100,00%
Transporte	1	1,61%	2	4,00%	+ 100,00%
NF errada	0	0,00%	0	0,00%	0,00%
Atendimento	1	1,61%	1	2,00%	0,00%
Preço	0	0,00%	3	6,00%	0,00%
TOTAL	62	100,00%	50	100,00%	-19,35%

Como podemos ver na Tabela 5.4 houve uma queda de 19,35% nas reclamações deste ano, em relação ao ano anterior tomando como referência, os mesmos meses de cada ano. As três características monitoradas pelo CEP tiveram no conjunto uma redução de 31%. As variáveis monitoradas pelo CEP apresentaram uma redução substantiva, com o Volume chegando a 42,9% e o Torque a 33,3%.

O atributo "Rompimento do Lacre" não apresentou melhoria, no entanto é importante ressaltar que as 6 reclamações ocorridas são todas referentes a lotes produzidos nos 4 primeiros meses do ano, quando se estava coletando as primeiras amostras e não havia ainda ação sobre as prováveis causas especiais de variação. Nos últimos 4 meses não foram recebidas reclamações neste quesito, demonstrando a tendência de queda, e espelhando os resultados obtidos no monitoramento pelo CEP no atributo "Rompimento de Lacre".

No caso do torque pode parecer estranho que tenha havido uma redução das reclamações, sendo que na produção o processo não está sob controle e ainda não atende às especificações. Vale esclarecer porém que, nas reclamações do ano passado, a principal justificativa era vazamento, porque a garrafa estava mal fechada. Ao iniciar o monitoramento desta variável, e através dos ajustes constantes inerentes ao trabalho de identificação das causas especiais da variabilidade, conseguiu-se pelo menos minimizar o problema.

Além das características avaliadas por este projeto, outras características que serão monitoradas posteriormente pelo CEP, também apresentaram redução no índice de reclamação, são: Qualidade dos Rótulos (-16,7%), Defeitos de Gargalo (- 75%) e visual externo dos vasilhames (- 33%).

6. CONCLUSÕES & SUGESTÕES

6.1 Conclusões

Para a realização do objetivo geral proposto, o trabalho foi dividido em três partes.

Na primeira fase foi apresentada uma metodologia para a implantação do CEP numa indústria de bebidas, com a metodologia calçada nos conceitos mostrados no referencial teórico do capítulo 2.

O relativo pouco tempo para implantação e os resultados preliminares denotam que a proposta de metodologia aplicada nesta empresa foi adequada e facilitou a sua implantação. O fluxograma elaborado de forma a facilitar esta implantação mostrou-se oportuno e próprio para a empresa em estudo.

É certo que por se tratar de uma empresa "nova", com apenas 2 anos de funcionamento, é muito mais susceptível a novos projetos de controle, considerando que não havia a desconfiança ou o medo dos funcionários, comuns em empresas antigas ou que já tenham tido algum insucesso nesta área.

A segunda fase, a da preparação da empresa para a implantação, envolveu os seis primeiros objetivos específicos, que foram atingidos do seguinte modo:

- Foi selecionada para o estudo uma empresa que atua na área de envase de água mineral. A linha de produção escolhida para a aplicação do CEP foi a de nº 2 que responde por 46,9 % do volume de produção das 5 linhas de envase da empresa. A equipe de trabalho foi formada por todos os

funcionários que trabalham na linha nos dois turnos de trabalho, se destacando um funcionário de cada turno que receberam treinamentos específicos na coleta e interpretação dos dados.

- Foi montado um fluxograma e um diagrama de causa e efeito do processo de envase, onde foram identificadas as atividades envolvidas na aplicação do CEP no processo. Estas ferramentas permitiram conhecer melhor o funcionamento da linha de envase, facilitando na fase de análise dos resultados e soluções dos problemas.
- Foram identificadas três características de qualidade: Volume, Torque e Rompimento do Lacre, que representam 25,7% do total das reclamações e 70% das reclamações exclusivas à linha 2.
- Foi montada a planilha de Qualidade, onde foram reunidas todas as informações das características selecionadas, tais como Limites de Especificações e o volume e frequência de amostragem.
- As coletas de dados foram realizadas com ajuda de um software criado pelo autor, tendo como base o programa Excel[®] da Microsoft. O programa se mostrou adequado, pela sua praticidade e segurança na digitação e armazenamento dos dados. Ocorreram apenas 5 dados digitados incorretamente em 6096 coletados (0,08%).
- Com base no sistema de critérios apresentado no referencial teórico, foram selecionados os gráficos \bar{X} -s e \bar{X} -R para as variáveis Volume e Torque e o gráfico p para o atributo Rompimento do Lacre.

- Foi avaliada a capacidade dos processos apenas onde foi conseguido o seu controle estatístico, casos da variável Volume e do Atributo Rompimento do Lacre.
- Através da análise e interpretação dos gráficos de controle, construídos com base nos dados coletados, foram levantadas e executadas várias ações de melhoria do processo que culminaram com uma redução da variabilidade das características avaliadas. Além destas ações já executadas durante a implantação, também foram colocadas algumas recomendações (ver item 5.3 – Recomendações para a empresa), que visam o melhoramento contínuo do processo.

A terceira fase discutiu os resultados, avaliou a eficiência da implantação do controle estatístico do processo de envase de água mineral na linha 2 e informatizou a etapa de montagens dos gráficos de controle .

Na variável volume, a ocorrência de resultados fora dos limites de controle, forneceu um padrão e uma série histórica, que uma vez estudados e compreendidos resultou em uma melhoria do processo. O primeiro passo foi a identificação das causas ou fatores de processo responsáveis pela variação.

O tratamento das causas especiais na variável volume surtiu efeito, já que foi possível constatar que o processo entrou em controle estatístico. Contudo não foi suficiente já que se verificou que o processo na visão empresa não é capaz, demandando uma nova análise após concretização da troca dos cabeçotes da enchedora.

Quanto à variável Torque concluí-se que o processo não é estável, tendo em vista as muitas extrapolações dos limites de controle e que estas

extrapolações não puderam ser apontadas como causas especiais. Foram descartados alguns dos pressupostos de variação, e dando sequência ao trabalho, novas hipóteses foram elaboradas, estando em fase de implementação. Com a continuidade do projeto, o objetivo principal que é o controle estatístico, deverá ser atingido.

Como se pode verificar, o gráfico de atributo do lacre da última série de amostras, teve uma taxa de defeitos muito baixa o que de certa forma tornou até *obsoleto* o gráfico de controle. Seria o caso de se diminuir a frequência de amostragem, reduzindo assim os custos dos testes, ou somar a esta característica outros atributos que fazem parte do produto e formar um só gráfico com um volume de probabilidade de defeitos bem maior.

Ficou evidente o impacto positivo que os índices obtidos com a variável "Volume" e o atributo "Rompimento de Lacre" causaram na equipe, a ponto do resultado negativo do controle da variável "Torque" servir como fator motivador para levar adiante com mais ênfase o trabalho de atingir, também, neste processo o controle estatístico.

É importante realçar que este mesmo espírito que motivou, desde o início, toda a equipe para este projeto, contribuiu para que outras características não avaliadas nesta fase inicial do projeto, também tivessem uma redução no número de reclamações. É o caso da Qualidade dos Rótulos (- 16,7%), Defeitos de Gargalo (- 75%) e visual externo dos vasilhames (- 33%).

A informatização da etapa dos gráficos de controle, montado como um módulo no programa de Coleta e Armazenamento de Dados, permitiu que se tornasse uma operação ágil e fácil de ser executada pelos próprios colaboradores. O sistema

também permite que os dados que estão sendo analisados no momento, possam ser incluídos na análise gráfica do processo, conforme é mostrado no item 4.8.

Quando foi proposto este projeto de melhoria do sistema produtivo, foi difícil fazer entender que o sistema CEP fornece apenas informações e dados a fim de refinamento e melhoria do processo, e que ele por si só não é suficiente para garantir a qualidade total de uma empresa. Assim sendo, foi lançado inicialmente o programa da Qualidade Total, envolvendo todos os setores da empresa desde a alta direção até ao chão de fábrica, onde o CEP figura como um dos caminhos a percorrer. Este ambiente para a Qualidade veio ajudar na implantação dos conceitos e técnicas propostas neste trabalho.

Deve-se creditar uma parte do sucesso da implantação à rapidez do processo decisório. As decisões da equipe fluíam rapidamente, resultando em respostas e conclusões mais rápidas, tornando o processo mais dinâmico. O apoio irrestrito a este projeto por parte da direção da empresa foi condição fundamental para a viabilização do mesmo.

O sucesso deste trabalho traduzido nos resultados apresentados reforçam todas as opiniões dos especialistas e divulgadores do CEP, como sendo uma ferramenta imprescindível para todas as empresas que visam o melhoramento do seus processos produtivos e redução de custos dos seus produtos.

6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Implantar o Sistema QFD no envase de água mineral

Após a implantação do CEP no envase da água mineral, e com um melhor conhecimento do processo, fica a sugestão de aplicar o sistema de matrizes do

Quality Function Deployment (QFD – Desdobramento da Função Qualidade), para melhor conhecer as aspirações do cliente e a sua identificação com os processos e características de qualidade de uma indústria de água mineral.

Consolidação da metodologia proposta

Os resultados apresentados neste trabalho mostraram o quanto viável e prática é a metodologia proposta. Um outro estudo que poderia ser desenvolvido é a utilização da metodologia proposta como um referencial para a implantação do CEP em empresas que detenham processos industriais simples, verificando a sua validade e praticidade. Verificar o resultado final da implantação do CEP nesta indústria para certificar-se se a metodologia proposta de fato pode deixar de ser uma proposta, e passe a ser um referencial a ser adotado por outras empresas.

CEP na área de controle de qualidade da água mineral (conteúdo das garrafas)

O trabalho aqui apresentado referiu-se apenas ao Controle Estatístico do Processo de Envase da água mineral. Seria interessante que fosse desenvolvido um trabalho semelhante na área de Microbiologia e Química, responsáveis pelas análises da qualidade da água, desde a sua captação até o envase final. Por exemplo, o acompanhamento da carga microbiológica dos locais de envase, permitiria determinar com segurança qual o intervalo de tempo, ou o período ideal para se efetuar a assepsia nas instalações e equipamentos. Desta forma estar-se-ia cobrindo toda a Qualidade envolvida no processo de “produção” de água mineral.

6.3 Recomendações para a Empresa

Com base nos resultados preliminares deste trabalho, cabe algumas recomendações que visam não só melhorias no processo, com redução de custos, como também facilitar a implementação do CEP nas demais linhas de produção.

- O treinamento dos demais funcionários da linha precisa ser feito de forma gradativa, anotando-se o período de ação de cada um, para que se possa verificar nos gráficos se houve algum deslocamento que indique uma variação de coleta, digitação, testes, análise por parte de cada novo funcionário. É recomendado que somente depois que todos os funcionários estejam treinados e a implantação do CEP na linha 2 concretizada, se inicie o processo nas demais linhas. É aconselhável o remanejamento de alguns funcionários treinados na linha 2 para as demais linhas para que possam ser usados como monitores nas novas implantações.
- Mudar o laboratório de testes para um local próximo das linhas de envase. Na localização atual pode ser difícil transportar as amostras de algumas linhas (como as de 5 e 20 litros), especialmente devido à presença de escadas, para o laboratório. Além de evitar esse inconveniente, a mudança permitiria reduzir o tempo necessário para a realização dos testes, o que é muito importante num sistema que se referencia por ser uma análise on-line do processo produtivo.
- Troca dos atuais bicos da enchedora, por outros com válvulas dosadoras. Como já foi observado no Item 4.1, a empresa perde cerca de 1,92% do

volume de água envasado. Uma avaliação de investimento mostrou que a aquisição destes novos periféricos seria paga em 12 meses, apenas com a redução do desperdício de água.

- Aquisição de um novo conjunto de cabeçotes de fechamento das garrafas (rosqueadores). Com a aquisição de mais um conjunto de cabeçotes, a engenharia passaria a contar com um sistema de ferramentas de Set-Up adaptado para cada tipo de garrafa (PP ou PET). Esta medida não só facilitaria a troca de produção com redução de tempo de Set-Up, como também reduziria o alto volume de ajuste de torque de fechamento com diminuição da variabilidade desta variável.
- Com base nos resultados do gráfico de controle do Atributo “Rompimento do Lacre”, sugere-se que se reduza a Frequência de Amostragem. Desta forma se estará reduzindo o custo da Qualidade, já que a análise deste tipo de atributo implica na destruição da amostra. Segundo Davis (2001, p. 196) deve-se negociar, ponderar entre o custo de amostragem e o benefício de ajustar o sistema, o ideal é iniciar com amostragens freqüentes em um processo e diminuí-las quando a confiança no processo crescer.

7. FONTES BIBLIOGRÁFICAS

7.1 Referências Bibliográficas

AlcoaHC – **Manual de Aplicacion y Especificaciones de Tapas**. Indiana – USA, H-C Industries , 1994.

AYRES, José Jr – **Marketing Industrial e a era da Globalização**. Revista Controle da Qualidade. São Paulo, Editora Banas, Julho / 2000.

BATISTA, Nilson – **Introdução ao Estudo de Controle Estatístico de processo - CEP**. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora Ltda, 1996.

CAMPOS, V. Falconi – **TQC: Controle da Qualidade Total** (no estilo japonês). 5ª Edição. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CROSBY, Philip B. – **Qualidade é Investimento**. 7ª Edição. Rio de Janeiro, Livraria José Olympio Editora s/a , 1999.

DAVIS, M.M. ; AQUILANO N.J. ; CHASE R.B. – **Fundamentos da Administração da Produção**. 3ª Edição. Porto Alegre, Bookman Editora, 2001.

DELLARETTI, O. F. ; DRUMOND, F. B. – **Itens de Controle e Avaliação de Processos**. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1994.

DEMING, W. Edwards – **Qualidade: A revolução da Administração**. Rio de Janeiro, Editora Marques-Saraiva, 1990.

DEMING, W. Edwards – **A Nova Economia**. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora Ltda, 1997.

FARIAS, José Carlos – **A ISO 9000:2000 e o CEP**. Revista Controle da Qualidade. São Paulo, Editora Banas, Agosto/2001.

FEIGENBAUM, Armand V. – **Control Total de la Calidad : ingeniería y administración.** Barcelona, Compañia Editorial Continental s.a, 1967.

HARRINGTON, James – **Aperfeiçoando Processos Empresariais.** São Paulo, Editora McGraw-Hill Ltda e Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1993.

HRADESKY, John L. – **Aperfeiçoamento da Qualidade e da Produtividade –** Guia prático para implementação do Controle Estatístico de Processo (CEP). São Paulo, Editora McGraw-Hill Ltda, 1990.

INMETRO – **Norma Nº NIE-DIMEL – 026.** Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Abril/1998.

ISHIKAWA, Kaoru – **Guide to Quality Control.** Tokyo, Asian Productivity Organization, 1982.

ISHIKAWA, Kaoru – **Introduction to Quality Control.** Tokyo, Asian Productivity Organization, 1989.

ISHIKAWA, Kaoru – **Controle de Qualidade Total** (à maneira japonesa). 6ª Edição. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1993.

JURAN, J. M. ; GRZYNA, F. M. – **Controle da Qualidade – Handbook.** Volumes II, VI (4ª edição) e VII (4ª Edição). São Paulo, Editora McGraw-Hill Ltda e Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1993.

JURAN, J. M. – **Juran na Liderança pela Qualidade .** 3ª Edição. São Paulo, Livraria Editora Pioneira, 1993.

JURAN, J. M. – **Juran Planejando para a Qualidade.** 3ª Edição. São Paulo, Livraria Editora Pioneira, 1995.

KUME, Hitoshi – **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade.** São Paulo, Editora Gente, 1993.

MONTGOMERY, D.C. – **Introduction to Statistical Quality Control.** 2ª edição. New York, John Wiley & Sons Inc., 1991

NBR ISO 9001 – **Sistemas de Qualidade**. Rio de Janeiro, ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994.

PAESES, C. ; CATEN, C. ; RIBEIRO, J.L. **Aplicação da análise de variância na implementação do CEP**. In: XVII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998, Niterói. Anais (em CD ROM).

PALADINI, E. Pacheco – **Qualidade Total na Prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade**. 2ª Edição. São Paulo, Editora Atlas s/a, 1997.

PALADINI, E. Pacheco – **Gestão da Qualidade: teoria e prática**. São Paulo, Editora Atlas s/a, 2000.

PARANTHAMAN, D. – **Controle da Qualidade**. Technical Teacher's Training Institute, Madras. São Paulo, Editora McGraw-Hill Ltda, 1990.

RUY, C. B. Lourenço Filho – **Controle Estatístico de Qualidade**. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico S/A, 1964.

SLACK, N. et al. – **Administração da Produção**. São Paulo, Editora Atlas s/a, 1997.

SCHISSATTI, Márcio Luiz – **Um Metodologia de Implantação de Cartas de Shewhart para o Controle de Processos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

SCHOLTES, Peter R. – **O verdadeiro TQM**. HSM Management. São Paulo,v.6, ano 2. Frame Editores , 1998.

SOMMER, Willy A. – Apostila: **Avaliação da Qualidade**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2000.

TOLEDO, José C. – **Qualidade Industrial: conceitos, sistemas e estratégias**. São Paulo, Editora Atlas s/a, 1987.

VIEIRA, Sonia – **Estatística para a Qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1999.

WERKEMA, Maria Cristina – **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Volume 2. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

7.2 Bibliografia

CAMPOS, V. Falconi – **Qualidade Total: padronização de Empresas**. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CAMPOS, V. Falconi – **TQC – Gerenciamento da Rotina: do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1994.

EESC – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – **Fábrica do Futuro: entenda hoje como sua indústria vai ser amanhã**. Encarte especial da Revista Produtos & Serviços. São Paulo, Editora Banas, 2000.

EKAMBARAM, Sathya K. – **A Base Estatística dos Gráficos de Controle de Qualidade**. São Paulo, Editora Polígono, 1972.

GRANT, Eugene L. ; LEAVENWORTH, R. S. – **Statistical Quality Control**. 4ª Edição. Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha Ltda, 1972.

KLOSS, Celso R. – Apostila: **Estatística Aplicada à Qualidade**. Tecpar, Curitiba, 1999.

MACHLINE, Claude, et. al. – **Manual de Administração da Produção**. 6ª edição. Volumes 1 e 2. Rio de Janeiro, Editora da Fundação Getulio Vargas, 1985.

OTT, Ellis R. – **Process Quality Control : troubleshooting and interpretation of data**. Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha Ltda, 1975.

TUBINO, Dalvio F. – **Sistemas de Produção: a produtividade no chão da fábrica**. Porto Alegre, Bookman Companhia Editora Ltda, 1999.

8. ANEXOS

8.1 Anexo 1 - Formulário de Coleta de Dados da Produção

ArquivoEditorExibirInserirFormatarFerramentasDadosJanelaAjuda

PLANILHA DIÁRIA DE PRODUÇÃO

Data:12/novTurno:1Sábado (s/n):n

Produto:Linha:Tipo:

Horário:(Não digitar se for normal): Intervalo:(Não digitar se for normal)

8,00Horas = 480 Minutos

: NºCabeçotes

CICLOS

1º:2º:

Ciclo Médio

Ciclo Ideal

% do Ciclo

Produção:

Rejeição:

Gra

≤Verificador

PERDAS

CONSUMO

%

%

%

%

%

%

Eficiênc.Linha:

Produtividade:

Observações:

Armazenar

Relatório Diário

Lançar novo Turno

Imprimir Não Conformidade

F I M

Funcionários Extras (Função. / Quant / Código):

TABELA DE PARADAS

Cod. Min. Motivo

1

2

3

4

5

6

7

8

9

Nome Funcionário

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

Início / Cadastro / Imprimir / Arq. do Dia / Data & Turno / Arq. Mes / MP / Parametros / Diário / Func / Relatório / Anom / Vel-Máq / Plan1 / Horário /

8.2 Anexo 2 - Formulário de Reclamação de Clientes Externos

LOGOTIPO DA EMPRESA	RECLAMAÇÃO DE CLIENTE			Nº
RELATOR:		SETOR:	DATA: / /	HORÁRIO: ____:
CLIENTE: _____ CONTATO: _____ TELEFONE: (____) _____				
END: _____ CIDADE: _____ CELULAR: (____) _____				
DESCRIÇÃO DA RECLAMAÇÃO:				
				ASSINATURA DO RELATOR:
CONCLUSÃO: É UMA NÃO CONFORMIDADE ? :		OBS: _____ _____ _____		VISTO DO RESPONSÁVEL:
<input type="radio"/> NÃO <input type="radio"/> SIM → Nº DA NC				

FOR-13.11 (00 – 07.06.2000)

8.3 Anexo 3 - Planilha de Reclamação de Clientes Externos

[illegible]